هوايـة الصـواريـخ

من النظرية الى التطبيق

محمد العوني



هـوايـة الصـواريـخ

من النظرية الى التطبيق

محمد العوني

2009

الفهرس **الصفحة**

الفصل الاول :قصتي مع الصواريخ..5
1.1التمثلات الطفولية 6
1.2 مرحلة البحث...8
1.4 البحث عن الكنز 10
1.4 الاكتشافات...13
1.5 تجربة بالصدفة 17
1.6 المقلاة 20
1.7 محاولة التجربة الاولى 22
1.8 المحاولة الثانية{اول تجربة } 23
1.9 التجربة الثانية 26
10.1 التجربة الثالثة...29
11.1 بناء جسم الصاروخ 33
12.1 التجربة الرابعة 34
13.1 التجربة الخامسة 47
14.1 صناعة صاروخ الفرناس 1 53
15.1 الانطلاق الى الاطلاق 58

الفصل الثاني : التواريخ في استعمال الصواريخ.................67
1.2 اركيطاس دو تارانت 68
2.2 هيرون السكندري...68
3.2 الصينيون 69
4.2 العرب..70
1.4.2 استعمال البارود 70
2.4.2 استخدام النار الاغريقية 72
5.2القرون الوسطى 73
6.2 الصواريخ خلال القرن العشرين 75
1.6.2 قسطنطين تسولوكوفسكي 76
1.1.6.2 حياته 76

2.1.6.2 اعماله 78
2.6.2 هيرمان اوبيرث.. 79
1.2.6.2 حياته 79
3.6.2 روبيرت كودارد 84
1.3.6.2 حياته 84

الفصل الثالث : مختصر نظرية الصاروخ 91
1.3 قانون نيوتن 92
2.3 الدفع 93
3.3 انحفاض العزوم 94
4.3 النبض و العزم 98
5.3 الاحتراق و سرعة التدفق.................................... 102
6.3 النبض الخاص 105
7.3 المحرك و الحنجور 106
8.3 عدد ماخ 109
9.3 الوقود الصلب 111
10.3 معدل الاحتراق... 114
11.3 معدل انتاج المواد 118
12.3 ضغط الحجرة 118
13.3 مراحل الصاروخ 119

الفصل الرابع : ديناميكية طيران الصاروخ 121
1.4 مركز الثقل 122
2.4 مركز الضغط 122
3.4 صيغ المخروط 125
4.4 صيغ ماسورة التوصيل المخروطية 126
5.4 صيغ الاجنحة 127
6.4 تحديد مركز الضغط 127
7.4 تاثير الرياح على استقرار الصاروخ 129

الفصل الاول

1. قصتي مع الصواريخ

1.1 التمثلات الطفولية

اسرد لكم عبر هذه الوريقات تجربتي المتواضعة في علم من العلوم لا يزال حكرا على الكبار،او سأحاول ان أعطي تفسيرا او "اشرعن" ،من مرحلة الطفولة، لعمل أقوم بها في سن الرشد ، هو نوع من البناء على أساس صحيح او " صادق " بتعبير اصح ، هو نوع من الوفاء بالوعد لذلك الطفل الصغير الذي كان يغمغم بكلام غير مفهوم بين صخور جبال كان يعتقد انها كل العالم ،مخاطبا احلاما كانت كبيرة عليه و فوق طاقته .

إبان طفولتي، لازلت اذكر ذلك الانجذاب الذي كان يتملكني حال ما أرى شيئا ما محلقا في جو السماء ، طيرا كان او طائرات، كانت الطائرات العسكرية تمر محلقة بأزيزها المدوي في منطقتنا الجبلية، اذكر كيف كنت اركض ملاحقا إياها ، بكثير من الصياح، عيناي لا تفارقها و أقدامي على الأرض لا تلوي ما تطأ عليه حتى تختفي هذه الطائرات في الأفق، عندها أتوقف لاسترجاع الأنفاس مع احساس بخيبة امل مشوبة بالدهشة و الكثير من الرهبة من هذه الطيور الهائلة التي مرت من هنا مسرعة و هي لا تلوي على شي، عندما ارجع الى البيت غالبا ما كنت اجد من يعلق ساخرا "هل مسكت الطائرة يا محمد.. ؟؟ " .

هذا الانجذاب الطفولي الفطري، نحو هذه المسالة او تلك ، هو الذي يحدد مصير الإنسان ،أيها السادة، عند بلوغه سن الرشد، اما ان يكون او لا يكون ، يكون عالما عبقريا او مخترعا لامعا او فنانا مبدعا او كاتبا ملهما او شاعرا مجيدا ، او لا يكون شيئا بالمرة يمتد هذا الانجذاب او هذا الحب عبر سنوات العمر ليغطي الحياة كلها، اما جوادا معطاءا اذا توفرت الوسائل و صلحت التربة و المناخ الاجتماعيين، و تعهد بالرعاية و الاعتناء عبر مختلف المراحل، او مرتكسا ضامرا اذا انعدمت هذه الوسائل و ترك

للاهمال و كانت البيئة الاجتماعية مشلولة بسيادة فكر الانحطاط و جمود التقليد و غياب التجديد . يتمظهر هذا الحب او الانجذاب حسب مراحل العمر التي يمر منها حامل هذه الشعلة الفكرية الغالية ، في مرحلة التمدرس الأولى قد يتفاعل بشكل ملفت مع مقرارت الدراسة ، و ما يتناوله المعلم في القسم ، او قد لا يجد في نفسه في ما يدرس له ، و تراه تلميذا متبرما غريب الأطوار بالكاد يحوز نقطة تخوله الانتقال الى الصف الموالي ، و لا أنكر أنني كنت من هذا الصنف ،

لما سرت يافعا كنت لا اتردد في اقتناء كتاب او مجلة اراه يتناول هذه المسألة و لازلت اذكر كذلك كيف كنت انتبه بخشوع في قسم الفيزياء عندما يكون الدرس حول الفضاء و الجاذبية الأرضية و قوانينها و كيف كنت أبجل ، ولا زلت، هؤلاء الرجال الأفذاذ أمثال ابن الفرناس و كوبيرنيك وغاليلو و نيوتن الذين فهموا لغز الفضاء و قوانينه و غيرهم كثير .....

لا أنكر مرة أخرى ، أنني تأثرت كثيرا بما كنت أقرا في المجلات و الكتب و الجرائد بأفكار و اعمال علماء افذاذ أمثال توماس أديسون ، و البيروني و غيرهم و هذا التاثر جعلني اومن بان العمل الجاد هو الفيصل بين ان تكون مع هؤلاء او لا تكون ، الحب و التقدير غير كافيان لتنتظم في سلك العلماء و المخترعين ، أين البرهان ؟ ماذا قدمت بجوار ما قدموا ؟ بل لايكفي ان تقدم شيئا هكذا كيفما اتفق حتى تخال نفسك منهم ،بل لابد ان يكون لتاثير عملك وانجازك نفس اثر أعمالهم وانجازاتهم ،

هم سبقوك نعم، و أنجزوا أشياء تبدو لك اليوم من البديهيات ، ولكنهم كانت لهم تلك الفكرة الثاقبة التي اخترقت حجب المجهول ورجعت محملة بأفكار واختراعات مذهلة .

2.1 مرحلة البحث

ظهور الانترنيت أعطى للباحث عن المعرفة و المعلومات امكانية هائلة في العثور على مبتغاه في رمشة عين، و بكميات كبيرة جدا ، في بعض الاحيان قد تتجاوز الملايين من المصادر، بدأت في البحث ذات ليلة عبر الانترنيت في مواضيع ذات صلة بالصواريخ و كان من حسن الصدف ان محرك البحث ارشدني الى موقع باللغة الانجليزية لاحد المهندسين الكنديين المتخصصين في الصواريخ و يتعلق الأمر ب: Richard NAKKA[1] .ريتشارد ناكا ذو شهرة عالمية لدي هواة الصورايخ بحيث لا يخلو منتدي من منتدياتهم من ذكره و الاستشهاد بأعماله في هذا المجال، و تلكم كانت البداية ، دخلت موقعه و ذهلت من كثرة المعلومات و دقتها و مجانيتها حيث ذكر انه أطلق أول صاروخ له في بداية السبعينات ، و عرفت ان الرجل عريق الخبرة في مجال تخصصه لم أتردد في الاتصال به وكم كان رده مفرحا بالنسبة لي ، منذ تلك اللحظة امتدت صداقة كبيرة عبر ضفتي المحيط الأطلسي لم تزدها الأيام الا عمقا و متانة و كان قد نصحني بالاطلاع الكافي على كل ما تقع عليه عيناي من مواقع و كتب الكترونية في مجال الصواريخ و صرت اطبع و انسخ على الأوراق كل ما كانت تجود به محركات البحث من كتب و مقالات و مع مرور الوقت تجمع لدى كمية لا بأس بها من الوثائق و الكتب بمختلف اللغات : العربية و الفرنسية والانجليزية،

(1)http://www.nakka-rocketry.net

و كان من اهم ما نسخت رسالته لنيل ديبلوم البكالوريوس في الهندسة الميكانيكية من جامعة مانيتوبا كندا عام 1984 ، و كان موضوعها باللغة الانجليزية "المحركات الصاروخية الصلبة ، تصنيع و اختبار" {1}.

مررت بسرعة و حماس الى الناحية العملية ، و كان أول شئ قد قمت بتصنيعه هو المحرك، مستعينا بالمقادير و القياسات التي جاءت في الرسالة ، حيث عمدت إلى آلة لضخ الشحم يدوية في مفاصل الشاحنات و السيارات و هي عبارة عن أنبوب جيد التصنيع و يمكن فتحه من الجهتين و ذو ابعاد مناسبة و مطابق بالصدفة لابعاد المحركات التي تصنع وفق مقاييس مدروسة و المهيأة بعناية:



قلت حملته الى اقرب لحام و هناك قمت بلحم القطع المخروطية معدة سلفا كل واحدة في مكانها و بالدقة المطلوبة و في الأخير كان اول محرك صاروخي جاهزا للعمل وقد سميته "الوهاج-1" لاني قد لاحظت انه من عادة مصممي المحركات الصاروخية تسمية ما يصنعونه من محركات كل حسب رغبته و تيمنا بيمنه الخاص به ، و هذا لا يمنع ان يكون هناك ترتيب عالمي موحد للمحركات حسب قوة الدفع التي ينتجها كل المحرك ، كانت اول خطوة لكنها كانت مشوبة بالكثير من القلق حول امكانية النجاح اذ كنت اعلم ان اعداد المحرك بدون توفر على مواد كيميائية لتصنيع الوقود الصلب ،او الجاف ، هي مجرد تمرين في التلحيم و الحدادة لا غير ، و هنا بدات ملحمة اخرى من البحث لا تقل اهمية عن الاخرى في مجال الكيمياء ، هذه المرة ليس عبر الشبكة و لكن عبر متاجر المدينة اذ ان موقع السيد ريتشارد ناكا كان قد حسم الامر من الناحية المعرفية و صرت عارفا ما ابحث عنه بالتمام، يتعلق الامر بنترات البوتاسيوم ،و في حقيقة الأمر ، كنت ابحث ايضا في مواقع المتخصصة في الكيمياء و كنت اجري التجارب على بعض المواد التي كانت متاحة

في المحلات التجارية في المدينة و كنت اقتنيها لمجرد الاستئناس بها و خلق امل و لو وهمي في الحصول على المادة نترات البوتاسيوم، و لاحظت ان لكل مادة اسم تجاري و اخر علمي و ان كنت سيئ الحظ مثلي و ذهبت لتطلبها باسمها العلمي من المحل التجاري فانك لن تجني الا الغبار من صاحب المحل ، فمثلا حامض الكلوريدريك يعرف تجاريا "بالماء القاطع" و نترات الامونيوم يعرف " بملح 33" فينول الفتالين يسمى " بالكافور" و غاز اسيتيلين يعرف بالكاربيل و الاسيتون يعرف كذلك بالديليو وهي كلمة فرنسية تعني المذيب الخ ...

في غرفتي بدات القنينات و الاواني و الاكياس السوداء تزاحم الاجهزة الالكترونية و الكتب و كنت امضى الساعات في التسخين و التقطير و التذويب و التبخير، و يمكن ان اقول اني صرت جابيري الصنعة(1) وخصوصا عندما تمكنت من تركيب حامض النتريك بطريقة بسيطة، هذا الحامض الذي كان يحاط بالمراقبة المشددة في مختبرات المدارس و الصيدليات بدعوى انه مادة شديدة الخطورة من حيث انه يستعمل مثلا في التطبيقات الذرية لفصل اليورانيوم عن البلتنيوم و لذلك يمنع استعماله من قبل العوام ،

3.1 البحث عن الكنز

أما نترات البوتاسيوم فقد كنت قرأت مما قرأت أنها تستخلص من الأتربة المتواجدة في البيوت المهدمة و وروث الماعز وهي تلك المادة البيضاء التي تظهر على الجدران التي تكتسحها الرطوبة . عزمت ذات مساء على خوض تجربة الاستخلاص بغض النظر عن الكمية المحصلة عليها و أحضرت كمية من التراب و عمدت إلى تسخين كمية من الماء و إحضار الأواني اللازمة ثم صببت الماء الساخن على التراب من فوق لكي يتسرب الماء الساخن من تحت و هو محمل الجزيئات المذابة هذه المادة ليستقر في انية على شكل حوض و بعد تصفية الماء من الشوائب عن طريق الترسيب أضفت اليه كمية من الكحول، و بالفعل تشكلت حبيبات بيضاء صغيرة

لنترات البوتاسيوم و لكن بكمية قليلة جعلتني اعدل عن الطريقة هذه لأنها غير اقتصادية و شاقة من حيث نقل التراب ثم التخلص منه الخ.....

و قررت ان ابحث عنها في المحلات التجارية للمدينة وقد سالت ذات يوم احد التجار المتخصص في بيع المواد الفلاحية و قال انها موجودة و تباع في كيس من فئة 50 كلغ و ثمن الكيس الواحد مئتي درهم ، ترددت كثيرا لاني لم استطيع نفي الشكوك حول المكونات الحقيقية لهذا الكيس الذي يقول صاحب المحل انها نترات البوتاسيوم ، بعد اسبوع عدت اليه و اعطيته الثمن "مئتي درهم " و حملته على الدراجة متجها الى المنزل و لما وصلت وضعت الكيس في مكان امن و فتحته ، و اول شئ لاحظته ان الملح متسخ و كانه خليط بالتراب وهو عكس ما اشاهده من صور لنترات البوتاسيوم التي تكون بيضاء شديدة البياض ، قمت بخلط كمية منه مع كمية من السكر و حاولت حرقه لم يحترق ، و تيقنت ان الورقة النقدية الزرقاء التي اعطيتها للتاجر قد ذهبت سدى ، تملكني شعور بالاحباط و الياس و خصوصا لما افكر فيما يمكن اقتناءه من ذلك الثمن من مصاريف يومية نحن في حاجة اليها، بقي ذلك الكيس الى ان جاء موسم الحرث و اخذته الى ارض لنا في البادية و هناك نثرته مع حبات القمح المزروعة .

وبعدها قررت البحث في المدن المجاروة و لازلت اذكر كيف كنت اقضي يوما كاملا سيرا على الأقدام متنقلا من حي الى حي ومن متجر فلاحي الى اخر سواء في وجدة او بركان او الناظور و اعود في المساء الى العيون منهك القوى، محبط المشاعر، متورم الأقدام بفعل الحذاء و قد سرت على هذا الحال مدة من الزمن و كنت دائما اتسائل اذ انه من غير الممكن و المعقول ان تكون دولة عريقة مثل المغرب لا توجد فيها مادة كان اجدادنا يعرفونها و يستعملونها منذ قرون .

ذات يوم عمدت الى دليل الشركات (الصفحات الصفراء) وقمت بجرد العنوانين الالكترونية للمراكز و الشركات و الصيدليات

المتخصصة في بيع الكيماويات و بدات في مراسلة العشرات منها بشكل يومي و في واقع الأمر لم أكن أتوصل بالأجوبة منها الا القليل منها و التي تنفي توفرها على النترات ، و ذات مساء توصلت بجواب من احد الصيادلة من الناظور مفاده ان ما ابحث عنه موجود و لكن يباع على شكل اكياس من فئة 25 كلغ، استفسرني حول الهدف من البحث عن نترات البوتاسيوم وقلت انني باحث في الزراعة المائية، و كانت هذه التقنية تعرف انتشارا واسعا بترويج من برنامج صناع الحياة يومئذ، و هي تقنية تضاف فيها نترات البوتاسيوم و أملاح أخرى بشكل مباشر في الماء لتعويض الأملاح المتواجدة في التراب لنمو الخضروات بشكل سليم ،

المهم تطورت الاتصالات بيننا ، و في حقيقة الأمر كنت متوجسا بعض الشئ ، و دلني على اسم و عنوان المحل الذي يوفرها ، ذات فجر (منتصف رمضان2007) انطلقت الى الناظور و بعد جهد من البحث وجدت المحل و لكن بدون نترات اذ اكد لي صاحب المحل ان هذه المادة نفذت و ستكون متوفرة في اقرب وقت ممكن، رجعت وانا في قمة الاحباط و تاكد لي ان حلم تصنيع صاروخ و إطلاقه لن يتحقق أبدا ، و الشيء الوحيد الذي كنت أواسي به نفسي هو أنني عرفت على الأقل المتجر ألفلاحي الوحيد الذي يوفر هذه المادة في الشرق كله و ارادة في معاودة الكرة و امل في تحقيق المراد ، بعد أسبوع رجعت وكلما اقتربت من المتجر الا و ازددت توترا و قلقا ، كانت تنتابني مشاعر متناقضة : خوف وثقة ، يأس و امل ، دخلت، و كانت وقت الصبيحة ، و كان هناك فتيان يتحدثان الريفية سئلت اكبرهما عن نترات البوتاسيوم هل توجد قال نعم و سألته عن بضعة كليوغرامات قال ان اقل كمية يمكن بيعها هي كيس من فئة 25 كلغ المهم اشتريت الكيس كله و خرجت من المتجر الى الطريق و انا محتضن لكيس ابيض وضاح، تنبعث منه رائحة نفاذة كنت استنشقها بشغف و انا لا اصدق نفسي أحسست اني خفيف الوزن من شدة الفرح ، ركبت و رجعت الى المنزل ، كانت و قت الظهيرة ، دخلت الى مهرولا الى الغرفة

المختبر وانا لا الوي على شئ ، فتحت الكيس وجدتها مادة بيضاء شديدة النقاوة ، أخذت شيئا وذقته باللسان ،مذاقها غريب و سريعة الذوبان ، أخذت منها حجم ملعقة و ملعقة أخرى من مسحوق السكر ،مزجتهما جيدا ،و أشعلت الخليط بعود كبريت اشتعل الخليط بسرعة مخلفا سحابة من الدخان اختفت معالم الغرفة بفعل كثافته، خرجت من الغرفة و انا احس و متيقن اني مقبل على مرحلة جديدة من البحث و الابتكار محاطة بنوع من الغموض وامل مبهم المعالم، اسرعت الى الحاسوب و ارسلت رسالة قصيرة الى السيد ريتشارد اعلمه من خلالها اني قد حصلت اخيرا على النترات، في المساء جاء الرد منه مهنئا و مشجعا و محفزا وراجيا لي التوفيق في" برنامجي الفضائي المصغر" .

4.1 الاكتشافات

بدأت في تجربة كل الوصفات التي كنت قد اطلعت عليها من قبل ، خلط و تسخين ومزج و تذويب و تصلب ثم اشعال الحصيلة في ساحة المنزل و كنت اجد متعة لاتضاهيها أي متعة في مراقبتها و هي تحترق مخلفة سحابة من الدخان ترتفع على شكل فطر عملاق سرعان ما يتلاشى ثم لطخات سوداء في ارضية الساحة كانت والدتي تبدي انزعاجها من صعوبة تنظيفها .
تستطيع القول انه نوع من الهوس ، اذ ان الدخان كان يرتفع من سطح المنزل على مدار الساعة خلال الايام التي تلت حصولي على نترات البوتاسيوم هذا نهارا اما ليلا فقد كانت سحابات الدخان من الضخامة حتى تغطي الحومة كلها خلال دقيقة او اقل ثم تتلاشى، ذات ليلة أطللت من النافذة و شاهدت شبانا قد اقبلوا مسرعين مستفسرين حول مصدر الدخان معتقدين أن الأمر يتعلق بحريق ، مع مرور الأيام و الاسابيع قمت بتطوير نظام الاشعال الكهربائي يعني يتم التحكم في الاشعال بواسطة بطارية عوض الاشعال

العادي ، و في حقيقة الامر هذه التقنية كنت قد توصلت اليها منذ ان كنت تلميذا في السنة الثامنة من التعليم الاساسي ، و لمعت في ذهني هذه الفكرة عندما قام أستاذ الفيزياء باشعال كبة من سلك جيكس بين قطبي بطارية صغيرة حمراء لكي يبرهن لنا ،نحن التلاميذ، عن التمظهرات الحرارية للطاقة الكهربائية ، لما انتهت الحصة خرجت مهرولا الى المنزل وبحثت عن سلك جيكس و علبة عود الثقاب في المطبخ وجلست الى طاولة و بدات في قطع رؤوس عود الثقاب و تكسيرها ثم حشرتها مع سلك رفيع من أسلاك الجيكس ووصلت طرفيه باسلاك من نحاس داخل لفافة من ورق ثم أوصلت السلكين إلى قطبي البطارية واشتعلت اللفافة الورقية محدثة صوت يشبه فرقعة صغيرة و لازلت اذكر فرحتي العارمة عندما كنت أقوم بإشعال كمية من البنزين داخل أنية صغيرة بهذه الطريقة و انا بعيد عنها بعدة أمتار. كانت بالنسبة لي تقدم تكنولوجي هائل في تلك المرحلة ، و بقيت تلك التجربة طي الكتمان الى ان جاء دورها اليوم في تعزيز مسعاي في فهم نظرية الصاروخ و تصنيعه بوسائل محلية ثم إطلاقه في الجو المحلي بطبيعة الحال ، كنت أقوم بتصنيع قوالب من الوقود الصلب ثم اشعالها بفضل هذا الصاعق ،او الفتيل كما يسميه أهل المشرق ، و كنت اراقب كيفية اشتعالها و مخلفاتها وكنت اغير نسب نترات البوتاس إلى السكر ثم ألاحظ تغير سرعة الاحتراق و شدة الوهج و كمية المخلفات ، في واقع الامر كانت النتائج توافق ما كنت قد اطلعت عليه في شبكة الانترنيت من تجارب سواء تجارب المهندس ريتشارد او تجارب الآخرين من هواة الصواريخ عبر مختلف أرجاء العالم .

خلال شهر أكتوبر 2007 دخلت مرحلة إعداد ما أسميته ب " منصة الاختبار ألسكوني " أو باللغة الانجليزية: " Static Test Stand " و هذه الطاولة في واقع الأمر يوضع فيها محرك الصاروخ وهو مشحون بالوقود الصلب ثم تشغيله وهو في حالة ثبات قصد إجراء جملة من القياسات من بينها مثلا قوة الدفع الناتجة ، شدة الحرارة ، شدة الضغط، مدة الاشتغال ، سلوك المحرك و

فعاليته و مقاومته لعوامل الضغط و الحرارة و غيرها ، و هناك مستويات متعددة من هذا النوع من المناضد فهناك مثلا التي تحتوي على أجهزة قياس الكترونية للمقادير المذكورة و يتم وصلها بالحاسوب قصد معالجة المعطيات المحصلة ببرامج خاصة، و هناك المناضد ذات مستوى اقل تحتوي أجهزة قياس تشابهية و هي في متناول من اراد تركيب واحدة منها ، و فعلا ذهبت ذات مساء إلى لحام وقمنا بتلحيم القطع الحديدية وفق شكل معين و اجتهدت في شراء ميزان على شكل نابض ، تستطيع القول انه نابض مدرج من صفر إلى ثلاثين كلغ وقمت بتركيبه في المنصة بمساعدة اللحام ، بينما نحن نلحم المنصة اذ دخل احد رجال الشرطة السرية الى المحل و بقي يتامل في ذلك الشكل الغريب الذي يتكون امامه دون أن يعلم أن الأمر يتعلق بمحطة صغيرة للتجارب الصاروخية ، ومن خلال كلامه يبدو انه يعرفني كشاب مولع بالتكنولوجيا و الابتكار ثم انصرف مودعا صاحب المحل اخذا معه بعض الاغراض.



لما انتهينا من تركيبها حملتها على الدراجة عائدا الى المنزل و هناك و ضعتها فوق الطاولة عدت اليها ليلا وقمت بتركيب المحرك الذي كان ينتظر لمدة سنة في احد الدواليب نفضت الغبار من فوقه و قمت بوصله و تثبيته في مكانه ، كان منظره مع المنصة منظرا يبعث على الإعجاب والافتخار و أحضرت الة تصوير رقمية كنت استعرتها من احد الأصدقاء و بدات في التفنن باخذ صور مع المنصة و المحرك لتبدو الصورة لمن لا يعرفني كاني احد علماء القرن التاسع عشر و هو عاكف على اختراع جهاز خطير. ...(رغبة غير مهذبة).

المهم أصبحت العدة التجريبية جاهزة من كل النواحي: المنصة ، المحرك، الوقود الصلب، الصاعق، البطارية ، أسلاك طويلة ، الة تصوير فيديوية ...
وبقيت اتحين الفرصة للخروج الى ناحية من نواحي المدينة بحيث من المفروض ان تكون خالية من الناس و العمران : غابة او جبل .

5.1 تجربة بالصدفة

مر شهر اكتوبر ، وفي احدى ليالي شهر نونبر قمت بتجميع الكل و كاني ساقوم بتجربة اشعال المحرك ، قمت بهذا بدافع الفضول ، حيث و ضعت قالبين من الوقود داخل غرفة الاحتراق وو ضعت الصاعق داخل تجويف القالب و اغلت على الكل بالحنجرة و ثبتت المحرك على المنصة يواسطة اربعة لوالب و قمت باخراج الكل الى ساحة المنزل وكنت قد اخرجت سلكين موصلين من قطبي الصاعق و مددتهما بسلكين طويلين حوالي 5 امتار الى داخل الغرفة التي اجري فيها التجارب و هناك كنت هيأت مصدر كهربائي ذو توتر 5 فولت ، ارتفعت دقات القلب ازدادت أعصابي توترا اذ استبدت بي فكرة مهيمنة : ماذا لو ضغطت الزر الان ؟؟؟ . سرت اذرع الغرفة جيئة وذهابا، ماذا لو حدث انفجار مدوي ؟؟ و أصيب الناس الهلع ؟؟ وقد أصاب بشظايا الانفجار ؟؟ ما هو موقف العائلة مما سيحدث و خصوصا والدتي فهي تخاف علي من أي مكروه يصيبني ؟؟..... او ربما قد لايحدث أي شيء من هذه التصورات السوداوية و تمر الامور بسلام ،اقتربت من الباب و اطللت براسي لكي ارى المحرك في ظلمة الليل، أشعلت مصباح الساحة ، ظهر المحرك جليا و هو شامخ فوق المنضدة، الان ضغطت الزر، سمعت فرقعة صغيرة كاتمة : بووم ، و فجأة علا صفير صاعق لم تقوى إذناي على تحمله مصحوب بدخان كان

يخرج من فوهة المحرك ، كانه البركان ، في حركة لا شعورية فزعت إلى داخل الغرفة، لم اجد مكان اختبئ فيه، لحظات مرت قليلة كانها الدهر، توقف الصفير ، خرجت من الغرفة مسرعا الى المحرك ، لم استطيع الرؤيا من شدة كثافة الدخان الابيض الذي خرج توا من فوهة المحرك كانه ضباب ساخن و قد غطى الحومة كلها ، بدت فوهة المحرك متوهجة شديدة الاحمرار ،اقتربت اكثر ،لا زال الدخان يخرج منها وأحسست بحرارة المكان ، اذناي لازالتا في حالة من الصمم و لاحظت ايضا ان المحرك قد خرج من مكانه الذي ثبته فيه و انكسرت اللوالب ، واصبح راسه مباشرة على سطح الارض ، اذ ان الارض هي التي اوقفته و ليس المنصة ، بالكاد سمعت باب الغرفة الاولى قد انفتح بقوة ، افراد العائلة يخرجون في حالة من الذهول بدوا وكأنهم أشباح وسطت غيمة من الأدخنة المكثفة : ماذا هناك ؟؟ ، هل اصابك مكروه؟؟ لما اردت الكلام و جدت نفسي في حالة من الذعر كانت اطرافي ترتجف ، خرج الكلام مبعثرا و انا احاول ان اطمئن الوالدة ، لما تبين لها ما انا عليه بدات تلومني على فعلتي هذه و ان ابقي على نفسي و عليهم ، بطبيعة الحال هذا اللوم باللهجة البربرية المحلية ، بداوا يحلقون حول المحرك في إعجاب و حذر و قد تبين لهم ان الامر يتعلق بصاروخ فعلي و ليس هزلا و لما هدات الاجواء دخلنا غرفة التي خرجوا منها و بدا كل احد يحكي كيف كان يحس و ماذا اعتقد عندما سمع صفير المحرك و كيف خرج من فراشه فزعا نحو الباب ليجد الساحة قد مملوئة دخان ذو رائحة غريبة ، و في واقع الامر انا ايضا لاحظت رائحة الدخان الناتجة عن عادم الصاروخ التي لم يسبق لي معرفتها من قبل،و سرت اجيب عن اسئلتهم كما يجيب الاستاذ عن اسئلة طلبته ، افتخار و اعجاب بالذات ناتجة عن تجربة جديدة علي، المهم تحول ذلك الخوف و الهلع الى فرحة عارمة تختلج جوانحي ، تتملكني رغبة في التحليق و السبح في الجو ، لم انم الا الى وقت متاخر ، لما برد المحرك حملت المنصة الى المختبر و بدات في فحصه ، اول ما لاحظته هو ان المحرك قد نتج

قوة دفع اكبر بكثير من القوة القصوى التي يتحملها النابض الى درجة انكساره ثم كسر الحامل و من ثم تشوه اللوالب و اعوجاجها تحت تاثير الدفع ، و هو ما يعني ان القوة الناتجة عن دفع المحرك اكبر كثير مما كنت اتوقعه ، نجحت التجربة ببساطة شديدة لم اتوقعها ايضا ،و المحرك يشتغل بشكل سليم ماعدا بعض التسربات التي يمكن التحكم فيها ، لما فتحته وجدت بقايا قوالب الوقود ، و هي قطع من البلاستيك ، قد تفحمت و تشوهت معالمها و انبعثت منها رائحة كريهة، رائحة ب.ف.س ،

الصفير الذي سمعته اثناء تشغيل المحرك اعطاني فكرة عن سبب تسمية هذا الشئ بالصاروخ فما سمي صاروخ الا لصراخه و الله اعلم.

ذهبت الى النوم و انا احس ان حلم الصاروخ قد بدات تتشكل معالمه واني قد دخلت مرحلة جديدة من البحث و صرت في مصاف الباحثين الذين يشتغلون في نفس المجال و كل واحد منهم وراءه حياة حافلة من المجد العلمي ، فهذا كان مسؤول عن البرنامج الفضائي لدولته و هذا كان مهندسا في و كالة ناسا و كل واحد الا ورائه مجد في دولته ، حسرة تغمرني عندما اتامل حال بلدي في هذا المجال ، وددت لو ان يكون لبلدي برنامج كما للدول الأخرى فأساهم فيه و لو بالنزر اليسير ، صحيح ليس لدي تكوين اكاديمي عالي المستوى ، لاني لا احب الطابع الاكاديمي في العلم ، اومن بالتجربة و البحث حتى النخاع ، قلت فالدولة التي تحترم نفسها و ابنائها تحتاج الى كل العقول من كل الاطياف لبناء مشروع محترم و ذو صيت عالمي فهي في حاجة لتجميع الدكتور ذو التكوين الاكاديمي الصرف و المهندس البارع و المخترع و ذو الموهبة و العبقري و النابغة و المهوس بالابتكار و التجارب، و قد يكون اميا، و ذو الخيال الواسع و صاحب العقلية التحليلية الصارمة تجميع اشعاعتهم العقلية في بؤرة واحدة ليحدث الحرق و الخرق في جسم المجهول و إضاءته بانوار هذه العقول كلها مجتمعة . فبلدي و لله احمد لا تنقصه العقول و لا السواعد ولا الموارد بل كل شئ

موجود، ولكن عقولنا مهاجرة ومواردنا مبذرة و سواعدنا محقرة، يا حسرة على العباد....

6.1 المقلاة

ذات عصر كنت استعمل مقلاة لاعداد الوقود الصلب ، و كنت ساعتها في ازمة من المقالي (جمع مقلاة) لاني كنت استعمل مقالي احضرها من المطبخ وسرعان ما كانت والدتي تصادر لي تلك الملاعق و الاواني و المقالي ، و اعطوني (اصحاب الدار) مقلاة تبدو من حيث الشكل انها تفي بالغرض ، وبعد التدقيق فيها لاحظت انها تتكون من طبقتين ، طبقة خارجية من الالمنيوم و اخرى داخلية من فلز اخر و مما لاحظته ايضا في هذه الطبقة انها كانت فيها بعض الثقوب الصغيرة، و قلت لاباس ، ثقوب صغيرة لن يكون لها تاثير على تركيب الوقود الصلب وانهمكت في تسخين خليط النترات و السكر و تحريكه بملعقة فوق نار هادئة ، و بعد مدة و في غفلة لم احس الا و انفجارمدوي هز المقلاة و امتلاء وجهي بالخليط السائل الحار جدا ، احسست بالم شديد في عيناي هرعت التمس الماء ، صببت الماء بغزارة على و جهي و خصوصا العيون و توقف الالم و عدت بصيرا و رجعت الى المختبر لمعاينة الخسائر الناجمة عن الحادث، و رأيت ان مساحة من الجدار ،حيث كنت اشتغل، قد امتلات بالبقع البيضاء السائلة، اما المقلاة فقد انفلقت نصفين و كان ما اصابني في الوجه شيئ قليل من الخليط ، و قد وجدت تفسيرا ، فقد تسرب الخليط لما اصبح سائلا عبر هذه الثقوب الى الداخل بين الطبقتين وكلما ارتفعت الحرارة تحول السائل الى غاز، وهو ما

يعني ارتفاع الضغط، و الضغط يولد الانفجار حسب القاعدة في فقه الفيزياء.

بعد نصف ساعة عاد الالم مجدادا الى الوجه و لما نظرت الى المرآة رأيت بقع حمراء منتشرة حول المنطقة العلوية من الوجه و هو ما يعني انه ستتشكل بثور و اكياس مائية صغيرة على الجلد خلال الساعات القادمة ، خفت كثيرا و هرعت الى الصيدلية القريبة و اشتريت مرهما للتخفيف من اثار الحريق، و حسب علمي فان مصدر هذه المقلاة هو الصيدلية نفسها اذا ان صاحبة الصيدلية لما ارادت التخلص منها ، ربما بسبب ثقوبها، قد اعطتها لاحدى شقيقاتي و جائت بها الى المنزل و بقيت مهملة هناك لمدة إلى أن قمت باستعمالها في اعداد الخليط لتنفجر في وجهي.

بعد بضعة ايام كانت البثور قد بدات في التلاشي رويدا رويدا وعاد الامور الى نصابها

والدتي كانت دائما تحذرني قائلة انه ليس هناك من ياخذ بيدك اذا اصبت بالعمى جراء تجاربك ، و في حقيقة الامر قد تعودت على هذا النوع من الاصابات ففي كل مرة كنت اصاب بالجروح جراء حوادث مماثلة ،

7.1 محاولة التجربة الاولى



في الايام التي تلت كنت اتحين الفرصة للخروج انا و اخي ابراهيم بالعدة التجريبية الى الغابة المجاورة ،

وفعلا ذات مساء من شهر نونبر ، كان اليوم يوم اثنين حملنا المنصة و المحرك و المعدات الأخرى و انطلقنا إلى الغابة و هي تبعد عن المنزل بحوالي كيلومترين الى ثلاث و لما وصلنا كان المكان خاليا و يوحي بالرهبة و الوجوم و كانه متوجس مما نحن مقدمون على فعله ، قمنا بتركيب المحرك و ثبتناه على المنصة و قمت انا بتركيب قالبي الوقود الصلب داخل حجرة الاحتراق و ضعت فيهما الصاعق ثم قمت بتركيب الحنجرة فوق غرفة الاحتراق بشكل محكم، سلكا الصاعق يخرجان عبرة ثقب الحنجرة ثم يربطان بسلك مزدوج إلى مسافة حوالي خمسة إلى ستة أمتار. و قد أخذت صور تذكارية و أنا احمل المنصة و المحرك،

و بطبيعة الحال كلما اقترب موعد تشغيل المحرك إلا و استحضرت مشاعر الرهبة و الخوف التي كانت قد عشتها في تجربة التشغيل الماضية في ساحة المنزل فأتردد قليلا ، و كإجراء احترازي اختبئ وراء صخرة أو شجرة أو في مكان منخفض تفاديا لأي حادث طارئ أما إبراهيم فكان يبتعد أكثر، وابقي وحيدا امام الوحش المزمجر، ثم أقوم بتشغيل كاميرا الفيديو قصد تسجيل عملية التشغيل من الأول حتى النهاية ، بسم الله ضغطت زر البطارية، أحدق في المحرك ، لم يحدث شئ ، ضغطت من جديد لا شئ ، بقيت متسائلا عن سبب عدم إشعال الصاعق ، عاودت المحاولة من

جديد لا شئ ، بدأت في فحص الأسلاك كانت سليمة و البطارية كذلك كانت قوتها غير مقنعة ، اهتديت الى فكرة و هي تشغيل الدراجة و استعمال الكهرباء الناتج عن المحرك ، و هي بطبيعة الحال الكهرباء المخصصة للإضاءة الطريق اثناء السير ليلا ، لان البطارية كانت تبدو غير قادرة على تسخين سلك الصاعق ، قمنا بتشغيل محرك الدراجة و قمنا بوصل منبع التيار الكهربائي فيه بسلكي الصاعق و لكن بدون جدوى ، كررنا المحاولة عدة مرات و في الأخير بلغ منا الجهد واستسلمنا للفشل و قررنا العودة الى المنزل محملين بخيبة أمل في انجاز التجربة و أمل و إرادة في تحدي الصعاب التي واجهتنا خلال هذه المحاولة ،و في حقيقة الأمر، لم استطيع تفسير عدم اشتغاله اليوم، رغم الحشد في المجهودات و الوسائل، و اشتغاله ذات ليلة لمجرد محاولة كانت للهزل اقرب منها للجد.

8. 1 المحاولة الثانية (اول تجربة)

انتظرت مرور يوم السوق الأسبوعي الذي يكون يوم الثلاثاء قمت باعداد قالبين من الوقود الجاف و كان مجموع و زنهما حوالي ثمان مائة غرام ، عشية الأربعاء 14 نونبر 2007 حملت مجددا المنصة و المحرك و امتطيت الدراجة و حيدا هذه المرة ،لان ابراهيم كان منشغلا، متجها إلى نفس الوجهة مع تغير في المكان ، اذ عمدت الى مرتفع يشرف على كل الجهات و بطبيعة الحال تسلقت المرتفع و انا اقود الدراجة ، وضعت المنصة في مكان مكشوف و ثبتت المحرك كما هي العادة و في كل مرة كنت التفت يمين و يسار خوفا ان يفاجئني احد ، صمت رهيب شمس ساطعة تميل الى الغروب ، بدات في تركيب المحرك و تثبيته مع المنصة و مددت الاسلاك الى وراء صخرة كانت هناك، اتخذتها ملاذا وقمت بتشغيل الكاميرا ثم ضغطت الزر و انا اذكر اسم الله ، احدق في المحرك ،

لا شى ، اضغط من جديد لاشئ مرة اخرى، ينتابني شعور بالغضب ، اعود من جديد لفحص الاسلاك الممتدة من الخلف الصخرة الى غاية فوهة المحرك ، كل شئ سليم ، اعيد الضغط من جديد و لا جديد ، ذهبت الى المحرك و فتحت الحنجرة و استخرجت الصاعق و فتحته وكنت اتامله و قد لمعت في ذهني فكرة حيث اني كنت اكثر من اسلاك الجيكس وقد تبين لي بشئ من المنطق ان اسلاك الجيكس لا يمكن ان تحترق تحت ظروف بطارية ضعيفة ، لانه حسب قانون اوم الكهربائي كلما كان سمك السلك كبير كلما نقصت مقاومته و بالتالي تنقص درجة الحرارة الناتجة عن مرور التيار الكهربائي و خصوصا تيار البطارية ، فهمت لماذا لا شتغل الصاعق، ولكن خلال التجربة الاولى قد كان الصاعق يتكون من عدة أسلاك ولكن رغم ذلك حدث الاشتعال و قد فسرت ذلك بكون ان التيار الذي استعملته لم يكن تيار البطارية بل تيار محول قوي (علبة تغذية حاسوب) وهي قادرة على حرق الاسلاك مهما كان عددها، و قد انتظمت الاشياء في ذهني بشكل متناسق و ترابطت الاحداث في ذهني ترابط منطقي، سررت كثيرا لاهتدائي لهذا التفسير ، و فعلا قمت بإنقاص عدد الأسلاك الى سلك واحد دقيق و أعدت تركيب الصاعق و ثبتت سلكي التوصيل في قطبيه وتراجعت الى خلف الصخرة و شغلت الكاميرا من جديد ، و ضغطت الزر ، لحظة سمعت فرقعة مكتومة أعقبها دخان قليل خرج من الفوهة، هو دخان الصاعق ، فجأة يعلو صفير يصم الاذان مصحوب بدخان ابيض منفوث الى اعلى نفثا قويا، اختبأت وراء الصخرة في حركة لاشعورية ، بعد لحظات توقف الصفير ، هدأ المحرك و سحابة الدخان بدات في الابتعاد و التلاشي تحت تاثير الهواء ، خرجت من خلف الصخرة و اطلقت صرخة انتصار ، حملت الكاميرا و اتجهت نحو المحرك و بدات في ملاحظته من كل ناحية كانت حرارته جد مرتفعة حتى اني كنت احس بها عن بعد و خصوصا منطقة الحنجرة و الفوهة ، و لاحظت كذلك بعض السيلات السوداء المتسربة من الداخل نحو الخارج ، و بدات في

التعليق على التجربة و انا احرك الكاميرا حول المحرك بهدف التسجيل و مؤكدا مرة اخرى ان هذه التجربة قد فتحت صفحة جديدة في حياتي .

وبعد قليل اوقفت الكاميرا و فككت المحرك و وضعت الكل على الدراجة و هبطت اقود الدراجة ماشيا الى ان وصلت الطريق و هناك ركبت و عدت و انا اترنم و ناشدا هذا الفتح و اتحدث بصوت مرتفع معلقا بحماس على ما قمت به من تجربة قد اعتبرتها الاولى من نوعها في تاريخ هذه المنطقة و ربما على مستوى المغرب باسره و لكن كنت لا اجرؤ على الاقتناع الى هذه الفكرة ، اذ لابد وان احدهم يكون قد قام بما قمت به يوما ما في مكان ما من المغرب الشاسع و الله اعلم .

رجعت الى المدينة و دخلت البيت و اعلنت اني قد نجحت في اجراء تجربة الاختبار السكوني ، استعجب من استعجب ، و استخف من استخف ، و قد بدات اعرض عليهم التسجيل في شاشة الكاميرا وكانت تبدو من خلال الشاشة تجربة مدهشة بحق .عمدت الى الحاسوب و ادخلت الشريط في ذاكرة الحاسوب و بدات في اضافة تعليقات باللغتين العربية و الانجليزية و قمت بوضعه في موقع اليوتوب و في ليلة الأربعاء عكفت على إعداد الوقود الصلب و الصاعق و هي عملية تستغرق وقتا مهما إذا أضفنا إليها المدة الزمنية التي يتطلبها دق و غربلة ملح النترات و السكر كل على حدة ثم إعداد الصاعق ، عاقدا العزم على إجراء تجربة أخرى يومه الخميس.

9.1 التجربة الثانية

و فعلا بعد زوال يوم الخميس 15 نونبر بساعتين ، حملنا المعدات انا وابراهيم وانطلقنا الى الغابة القريبة و لكن ذهبنا الى موقع اخر هذه المرة ، و هناك وضعنا المنصة في مكان مفتوح و ان كانت الأشجار كثيرة ، قمنا بتثبيت المحرك فوق المنصة كما هي

العادة ، الوقود الصلب، الصاعق ، الاسلاك ، غلق المحرك بالحنجرة باحكام ثم الرجوع الى الخلف خلف شجرة ، تشغيل الكاميرا ، بسم الله ضغط زر البطارية لحظات لينطلق صفير المحرك و دخان مقذوف في الجو، لحظات معدودة ليتوقف المحرك ، اكبر الله على نجاح التجربة ، احمل الكاميرا و هي تشتغل لكي اسجل ما طرأ على المحرك من تغير ، و كان ما لاحظته ان نابض الذي هو مقياس قوة الدفع قد أصبح منفكا و استنتجت ان القوة التي ينتجها المحرك اكبر بكثير مما أتوقعه . منذ تلك اللحظة قررت بناء منصة جديدة أكثر قوة .

في المساء قمت بمراسلة المهندس ريتشارد وفي رده طلب منى مجموعة من المعلومات تتعلق بخصائص المحرك و أبعاده و قطر ثقب الحنجرة و معلومات أخرى تتعلق كذلك بالوقود الصلب من حيث الوزن و ثقبه الداخلي و قمت بتصوير ما طلب مني و ارسلت له الصور و بعد عدة ايام أرسل لي ملف يحتوي نتائج المحاكاة البرمجية للقوة التي ينتجها المحرك وفق ظروف و المقاييس التي تم تحديدها من قبل و كان هذا البرنامج يدعى: (**Solid Rocket Motor.xls**)

بحيث يمكن تغير أي عامل من العوامل على مستوى البرنامج ،مثل كمية الوقود او ثقب الحنجرة او ثقب الوقود الصلب او معامل التمدد الخاص بالحنجرة او قطر المحرك و غيرها ، و مشاهدة تاثير ذلك على منحنى القوة الدافعة للمحرك على شاشة الحاسوب سواء كان هذا التغير سالب او موجب ،

و فائدة هذا البرنامج يتمثل في التنبؤ بالقوة التي سينتجها المحرك قبل إجراء أي تجربة اولا، ثانيا المساعدة في إيجاد تصميم للمحرك و الوقود الصلب يمكن من الحصول على أقصى مردودية ممكنة الخ...

ومن خلال النتائج الاولية تبين ان المحرك، الذي صنعته انا، يعطي كمية لا يستهان بها من القوة الدافعة (حوالي 656 نيوتن كقوة دفع في مدة احتراق 1.4 ثانية)، وهو ما يجعل المحرك

يرتب في الخانة (J) للترتيب العالمي للمحركات الصاروخية ، قمت بطباعة النتائج على الأوراق و صرت انظر إليها بإعجاب و افتخار.

و في واقع الامر، وجدت صعوبة في فهم مصطلحات هذه المحاكاة و علمت اني لازالت تنقصني المعرفة المعمقة لمحركات الصاروخية لاني تصادفت مع مفاهيم جديدة لم أعهدها و مصطلحات لم اعرف القصد منها ،و من ثمة، لابد من الرجوع للكتابات الأكاديمية في هذا المجال، رغم أني لا اجد راحتي ،كما قلت، في الدراسات الأكاديمية الصرفة، و لكن ما لا يتم الواجب الا به فهو واجب حسب القاعدة الفقهية .

رجعت الى اطروحة السيد ريتشارد التي كنت قد طبعتها من قبل (حوالي 90 صفحة) و عكفت على مطالعتها و فك طلاسمها ، و في واقع الأمر كنت أجابه تحديين : الأول لغوي ، لأني لم أتعود على الانجليزية العلمية بعد ، و ان كانت هذه أسهل بكثير من الانجليزية الأدبية التي كنا ندرسها في كلية الآداب . و الثاني كان تلك المفاهيم الرياضية و المعادلات المعقدة التي كان السيد ريتشارد يستعملها للتعبير على مختلف المقادير المرتبطة بالمحرك و اشتغاله.كما قمت بترجمة هذه الرسالة الى اللغة العربية و في حقيقة الامر استغرق مني هذا العمل شهرا كاملا من العكوف على لوحة المفاتيح صباح مساء ، ولما انهيتها جاءت في حوالي 60 صفحة وكنت مسرورا في غاية السرور وارسلتها له ، وما هي الا ايام حتى ظهرت في موقعه العتيد تحت مسمى :

- Arabic translation of *Solid Propellant Rocket Motor Design and Testing* by R.Nakka (translation by Mohamed Elaouni)(PDF format) (1)



في واقع الامر ازددت يقينا على انني في المسار الصحيح للنجاح في اطلاق صاروخ هنا في العيون ، وخصوصا لما رايت اسمي قد اصطف الى جانب اسماء كبار العلماء في مجال الصواريخ ، علماء من مختلف الجنسيات وهواة على اعلى مستوى من الخبرة و المعرفة ، وحينها قررت ان اثق بنفسي اكثر وان اسير قدما لتحقيق الهدف المنشود .

المهم رويدا رويدا سرت استوعب مختلف الجوانب من نظرية المحرك الصاروخي و اكتسبت خبرات نظرية جديدة سرت أطبقها في إعداد الوقود الصلب و الصاعق الخ...

و جدت كذلك ان موقع المهندس ريتشارد يعرض كتب تنتجها وكالة ناسا ، المئات من الكتب في مختلف التخصصات التقنية في مجال الفضاء، الصواريخ، التجارب، الاختبارات،

(1) http://www.nakka-rocketry.net/rn_thesis_arabic.pdf

كنت استعين بها في الاطلاع على ما وصلت اليه تكنولوجيا الصواريخ و كنت منبهر بالمستوى التقني العالي لهذه الكتابات .

10.1 التجربة الثالثة

مرت الأمور بسلام خلال شهر نونبر من هذه السنة و في الاسبوع الاول من شهر دجنبر قررت ان اقوم بتجربة ثالثة و تكون حاسمة بهدف المرور الى الهدف الاكبر وفعلا كما هي العادة قمت بتهئ كل مستلزمات التجربة و في مساء السبت 8 دجنبر 2007 حملنا المعدات على الدراجة متجهين الى اقصى اطراف الغابة حيث توجد سهول شاسعة تمتد الى ابعد افق ، لما وصلنا كانت الشمس ساطعة و السماء زرقاء و الجو هادئ كأنه جو صيفي رغم انه في عز الشتاء ، قمت بتشغيل الكاميرا الرقمية و وضعتها قرب المحرك في

مستوى منخفض حتى يبدو المحرك في خلفية السماء الزرقاء ، و هو ما يعطي للصورة رونقا و جمالا أخاذا (حس فني دائم الحرص عليه عندما تكون الة التصوير في يدي) تراجعت الى الوراء (ابراهيم يحرص دائما ان يكون ابعد!!!) ضغطت زر الاشعال فجاة دوي انفجار هز المكان ورايت المحرك قد انتفض من المنصة و سقط بالقرب منها ، بقيت مشدوها مدة ، لم استوعب ما وقع ، المحرك ينفجر و تطير منه قوالب الوقود الصلب لتسقط بعيدا ، نهضت متجها إليه ، كانت الأمور أسوأ من المتوقع، لقد اختفت حنجرة المحرك و تكسرت المنصة بشكل كامل ،تشكلت حفرة جراء اندفاع المحرك إلى أسفل حيث انفك من المنصة و اصطدم بالأرض ، اية قوة هذه التي حررها المحرك ليحصل ما حصل ؟، بحثنا في المساحة الواسعة من السهل بحثا عن القطع المتطايرة من المحرك ، و خصوصا الحنجرة فقد اختفت و لابد من العثور عليها ، و بعد جهد من الذهاب و الإياب و جدناها في مساحة كانت حديثة الحرث ، وجدناها وقد تكسرت اطرافها من جراء السقوط من علو وأصبحت تحتاج الى إصلاح.

عدنا الى البيت حاملين المعدات المنكسرة ، وهناك عكفت على فحص المحرك و المنصة قصد فهم و تفسير ما حصل للمحرك من انفجار ، في اليوم الموالي اتصلت بالسيد ريتشارد مخبرا اياه بما وقع ، و مستفسرا اياه حول الحادث من خلال تجاربة الشخصية ، وفي رده أبدى استغرابه مما وقع و قال انه شيء جديد بالنسبة له، وقد طرح مجموعة من الفرضيات حول طريقة إعداد الوقود الصلب ، وأكدت له ان لا شيء تغير، لا من حيث نسبة كل مادة على حدة، و لا طريقة التهيئ، و لا حتى أبعاد المحرك ،

في بداية الاسبوع الموالية حملت المحرك و الحنجرة المنكسرة الى محل للخراطة (يوجد في حي النخلة) ، وبعد جهد من التوضيحات و المحاولات ،مع صاحب المحل، قصد تخفيض كلفة الاصلاح (حوالي ثمانين درهم لاصلاح قطعة حديدية لا يتعدى حجمها مغلقة ابريق ؟؟) انصرفت على موعد لاعود في اليوم

الموالى ، و لما عدت اليه كما تم الاتفاق وجدت ان لا شى تحقق مما اتفقنا عليه و لما سألته عن التأخر قال انه كان منشغل في إصلاح محرك لاحد الفلاحين ، وقفلت راجعا مرة أخرى متذمرا ، وفي اليوم الموالي رجعت اليه وجدت انه لا شى قد انجز بعد كذلك و طلب مني الانتظار قصد الشروع فيها حالا ، و لما وضعها في دوالب المخرطة، وانا اقف بجنبه اراقب العملية عن كثب ، بعد دقائق من الخرط و التدوير لم تستحمل قوة الضغط و تكسرت بشكل كامل و مأساوي ، و هو ما يعني تصنيع مخروط أخر ، و فعلا رسمت على ورقة الاشكال و القياسات التي يجب إتباعها قصد تصنيعها من جديد ، وفي واقع الأمر لم يتم انجازها إلا بعد أسبوع من الذهاب و الإياب و التسويف و المماطلة .

بدأت في التفكير في تصنيع منصة اختبار جديدة ، بعد رجوعي لموقع السيد ريتشارد و جدت الكافي من المعلومات و النماذج المتنوعة من المناضد ،انجزها مهندسون وهواة من مختلف ارجاء العالم ، كما قلت سابقا هناك مناضد جد متطورة تتوفر على مسابر الكترونية لقياس القوة الدافعة و هو ما يمكن من ربطها بشكل مباشر مع الحاسوب ، و يمكن تسجيل منحنى القوة بدلالة الزمن ، و هذه المسابر تباع عبر الانترنيت و لكنها غالية الثمن و خصوصا تلك المسابر القادرة على القياس الكتل الثقيلة . المهم عمدت الى نابض ضخم ، هو في الأصل كان يستعمل كمخمد للدراجات النارية ، و قمت بمعايرته و تبين لي ما يسمى في الفيزياء ثابتة الصلابة الخاصة بالنابض ، و هي العلاقة بين القوة المطبقة على احد طرفيه و الاستطالة التي يبديها تحت تاثير هذه القوة ، و كانت حوالي عشرون كلغ لكل واحد سم ، يعني انه اذا تم تسليط قوة بمقدار عشرون كلغ فان النابض سيتقلص (او يتمدد) بواحد سم و هكذا .

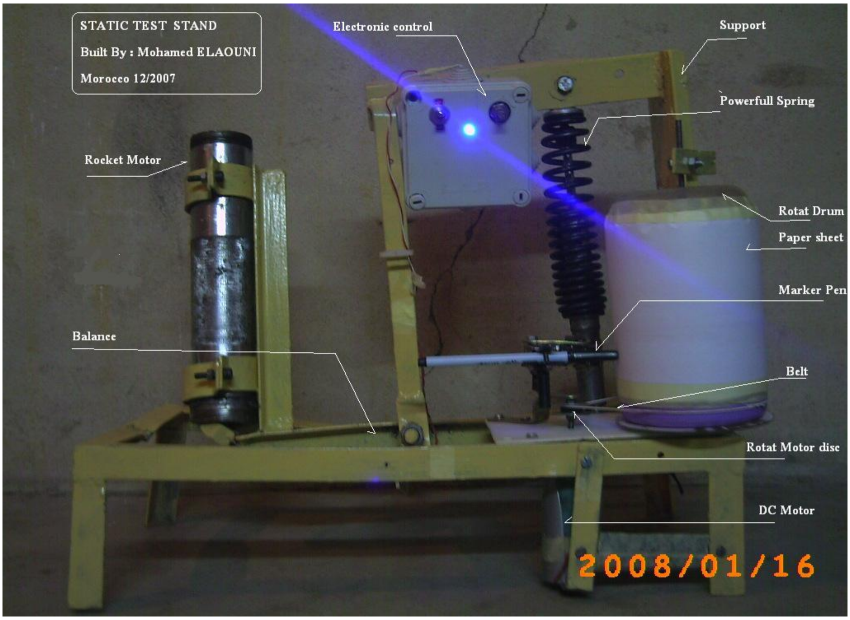
و مما كنت قد رايت في الانترنيت منصة مزودة بمسجل ورقي ، وهو عبارة عن اسطوانة يتم تدويرها بمحرك مناسب و يتم تثبيت ورقة ميليمترية فوقها تدور معها ، و يكون قلم مناسب مثبت أيضا على النابض و راسه ملامس لسطح الورقة ، و عند تمدد النابض

يتحرك القلم فوق الورقة راسما خطا عموديا ، و عند ما تكون الاسطوانة في حالة دوران،

و هي حركة أفقية ، يتكون لدينا منحنى تغير تمدد النابض ناتج عن تركيب الحركة العمودية والأفقية ، و لتصنيع منصة بهذه الخصائص لا بد من الاستعانة بالالكترونيات و الميكانيكا و الفيزياء غيرها ، حملت مجموعة من القطع و القضبان الحديدية ، فككتها من بقايا هيكل مشروع قديم كان فوق سطح المنزل ، الى لحام مجاور و هناك قمنا بتركيب المنصة بقياساتها و شكلها الجديد و قد اكثرنا فيها الثقوب و اللوالب ،و بعد يومين كانت جاهزة و أرجعتها إلى المنزل و قمت بصباغتها بلون اصفر فاتح و كتبت ، بطبيعة الحال ، معلومات حول تاريخ و مكان الصنع و الاسم على سطح أملس كان فوقها الخ ...

وقمت كذلك بتركيب دارة الكترونية و ضعتها داخل علبة من البلاستك و ثبتها فوقها بإحكام ،قصد التحكم في سرعة دوران المحرك المسوؤل عن تدوير الاسطوانة ، المهم بعد أسبوع من ذلك كانت المنصة الجديدة جاهزة و أخذت لها مجموعة من الصور و بعثتها بطبيعة الحال إلى السيد ريتشارد ناكا في كندا ، و لم يبقى سوى تجربتها ، بتجربة رابعة قصد الإجابة عن جملة من الأسئلة ،من بينها مثلا، كيفية اشتغال المحرك بالحنجرة الجديدة ، و محاولة تفسير الانفجار الذي وقع خلال التجربة الثالثة ، ثم معرفة الكيفية التي ستتصرف بها المنصة الجديدة و خصوصا النابض و المسجل الدوار و الدارة الالكترونية أثناء تشغيل المحرك الصاروخي الخ....

منظدة الاختبارات السكونية



11.1 بناء جسم الصاروخ

مع حلول السنة الميلادية الجديدة 2008 بدأت في التفكير في تركيب جسم الصاروخ : الهيكل ، الزعانف أو الذيل ، الرأس المخروطي ، الصباغة ، الاسم الخ ....

عدت مجددا إلى الانترنيت و بحثت و كان مما وجدت كتابان يتحدثان عن الموضوع بشكل مفصل باللغة الانجليزية لاحد المهندسين السابقين لدى وكالة ناسا ، قراتهما بتمعن ، و قد اكتشفت مفاهيم جديدة لم أكن اعلمها من قبل مثل : العلاقة بين مركز كتلة الصاروخ و مركز ضغط الهواء المسلط على الاجنحة اثناء الطيران ، وكذلك القطر الهيكلي لجسم الصاروخ و علاقتها بشدة المقاومة الهواء الناتجة عن السرعة ، كل هذه العناصر كنت اجهلها و صرت الان اتعامل معها بشكل واقعي ، و لم تعد

ترفا علميا او تكنولوجيا كما كنت اقول في السابق ، و ذهبت الى محل بيع الانابيب البلاستيكية ، و اقتنيت انبوب (بي.في .سي) قطره 11 سنتمتر بطول واحد متر ، و صنعت الذيل بالواح خفيفية على شكل شبه منحرف و متناسبة الابعاد ، المهم قمت بتركيب الأجنحة على احد طرفي الانبوب ، وقلت مع نفسي كيف يعقل ان تكون الامور بهذه السهولة : مجرد انبوب و الواح من الخشب الخفيف و غطاء مخروطي في الراس و ها الصاروخ امامك واقف يتحدى في شموخ و إصرار .

و خلال هذه الفترة بالذات تلقيت رسالة من المهندس يستأذنني لإضافة الصور و الأشرطة التي أرسلتها له طوال السنة الماضية إلى مجموعة من صور مطلقي الصواريخ الآخرين من مختلف الجنسيات في قرص موجه للبيع، كان يقوم بتجديده على راس كل سنة ، كانت هذه الرسالة مفاجئة سارة لي ، هذه الخطوة تعني بالنسبة لي الشيء الكثير، مثلا أن أعمالي ستعرض إلى جانب أعمال مطلقي الصواريخ آخرين من مختلف الجنسيات ، ومعناه أيضا أن من يطلع على هذا القرص سيعرف أن هناك ،على الأقل، مطلق واحد للصواريخ من بلد اسمه المغرب، وهو ما يعني اني حظيت بشرف تمثيل المغرب في هذا المجال، المهم سرت مزهوا ذلكم المساء ، و ما كان الا ان أبرقت الى السيد ريتشارد رسالة الكترونية مفادها ان اقتراحه ليس مقبول فقط ، بل هو محل امتنان و تقدير من جانبي ، و كان رده كله تشكرات و عرفان .

12.1 التجربة الرابعة

اقتنيت الة تصوير أخرى من عند احد الأصدقاء لان التي كنت استعملها قد أصابها عطب و يئست من إصلاحها ،و طفقت في اخذ صورا مع جسم الصاروخ و المحرك و كذلك المنصة ، اذ أنني كنت أمر بأزمة آلات تصوير ، فقد حاولت اقتناء العديد منها و لكن في كل

مرة كان الفشل يلاحقني اما من حيث عدم اقتناعي من جودتها و جودة التصوير ، او من حيث غلائها الفاحش .
قمت بإعداد الوقود كما تعودت، خمسة و ستين في المائة من نترات البوتاسيوم و خمسة و ثلاثين في المائة من مسحوق السكر و قليل من الماء المقطر في مقلاة ، ثم أضع فوق نار هادئة ، ثم يبدأ في الغليان مشكلا رغوة بيضاء كثيفة تتصاعد الى حواف المقلاة ، و هي تشبه الى حد ما الرغوة التي تتشكل عند طبخ الأرز. ذات يوما رأتني أمي اعد الوقود بهذه الطريقة فسألتني عن ما أقوم به ،فقلت لها انه شيء يشبه الطعام ، فقالت ساخرة ، انه طعام الصواريخ....، بعد ذلك لما تأملت في تعليقها تبين لي انه عين الصواب ، فالوقود الصاروخي هنا يتكون من سكر و ملح يحترق داخل حجرة شبه مغلقة فينتج طاقة تدفع الصاروخ، وهي نفس المواد التي تشكل الطعام الذي نستهلكه نحن الأدمين لنعيش الخ...

قلت أنني أعددت كل شيء تقريبا و حرصت على ان تكون التجربة ناجحة ، تجربة الاختبار ألسكوني للمحرك الصاروخي ، اذ قمت بتطوير منصة الاختبار كما أشرت أنفا و أريد ان اعرف سلوك الوقود الصلب هل سيشتغل كما هي العادة ام ينفجر مرة أخرى ؟، و أريد كذلك تجربة الحنجرة الجديدة التي صنعتها ، هذه هي الجوانب العلمية من أي مشروع مهما كان .

يوم الاثنين 14 يناير 2008 مساء ركبنا الدراجة متجهين الى نفس المكان الذي أجرينا فيه التجربة السابقة ، في الطريق وجدنا رجال الدرك كانوا يراقبون السيارات على الطريق ، قمنا بتغير الاتجاه عبر طريق فرعي ضيق يمر بمحاذاة احد المعامل ، ثم صعدنا الى الجبل ، و اثناء توقفنا للاستراحة تذكرت اني نسيت الصاعق ، و لا يمكن تشغيل المحرك بدونه ، أخذت الدراجة و عدت مسرعا الى البيت و دخلت مباشرة الى حيث اجري التجارب اخذته من فوق الطاولة ، و أدخلته الجيب، و خرجت مسرعا ،و امتطيت الدراجة عائدا على وجه السرعة ، و صلت الى حيث تركت إبراهيم مع العدة التجريبية و من هناك أكملنا الطريق في حركة التفافية مع

سفح الجبل إلى ان وصلنا المكان الذي اجرينا فيه التجربة السابقة ، كان الجو باردا مصحوب برذاذ خفيف من المطر ، كما جرت العادة، أخذت صورة ثابتة وانا احمل المحرك و المنصة الجديدة .



بمعية منصة الاختبار و محرك الصاروخ

المهم قمت بتركيب المسائل كلها كما جرت العادة و قمت بتثبيت المحرك باللوالب و أدخلت الصاعق في قلب اسطوانات الوقود و اخرجت قطبيه من ثقب الحنجرة و اغلقت الحنجرة بشكل محكم و ربطت سلكين طويلين بقطبي الصاعق و أمددتهما إلى وراء شجرة ثم شغلت آلة التصوير الفيديوية ووضعتها في مكان قريب من المنصة التجريبية بحيث تبدو السماء كخلفية للتسجيل و لكي يتم كذلك تصوير خروج الدخان من فوهة الحنجرة المحركاتية كما شغلت النظام الالكتروني المتحكم في تدوير اسطوانة التسجيل ، كما نزعت غطاء القلم ووضعته فوق الاسطوانة التي كانت قد بدأت في دوران بطيء .

تراجعت الى وراء الشجرة وانبطحت أرضا و انا مركز بصري على المحرك ، استخرجت البطارية من الجيب و قمت بربط احد

قطبيها مع احد الأسلاك ، اما القطب الثاني فقد مسكت السلك بقربه حتى اعدل من وضعيتي ، بسم الله ، بأحد الأصابع أوصلت السلك بقطب البطارية و انا أشاهد المحرك ، فجأة: بووووم ... اهتزت المنصة كلها و قفزت من مكانها لمسافة متر واحد ...بقيت فاغر الفاه لبرهة من الوقت لم استوعب الحدث ، ها قد انفجر المحرك من جديد و طارت الحنجرة ، قمت من مكاني متجها الى المنصة لأعاين الحدث، و كان الدمار سيد الموقف ، اذ ان المحرك قد فقد الحنجرة و اصيب باعوجاج و ثقب في الرأس ، انكسرت العلبة الالكترونية التي تتحكم في دوران الاسطوانة و سقطت على الأرض ، النابض المسئول عن تحديد القوة الدافعة ، انفك من اللولب و بقي نصف معلق مع هيكل المنصة ، تمزقت الورقة المليمترية التي تسجل عليها مخطاط القوة ، القلم المسجل انفك من مكانه أيضا ، اسطوانة التسجيل انفكت من مكانها و صارت مائلة ، المهم دمار شامل لحق المنصة جراء قفزها من مكان الى أخر ....

بدأنا في البحث عن الحنجرة في المساحة الفارغة الممتدة أمامنا ، لم نعثر على شيء ، ثم بدانا في البحث داخل الغابة ، بين الأشجار و الحفر ، كان المكان مقفرا وهو ما يوحي بالوحشة و الرهبة ، حوالي ساعة من البحث و الدوران هنا و هناك ، لما تعبنا رجعنا الى مكان التجربة و قمنا بجمع المنصة و المحرك و ركبنا الدراجة راجعين ونحن نحمل كثير من الخيبة و عجز في فهم ما جرى ، لماذا ينفجر المحرك مرة اخرى ؟ ، ماهي العناصر الخفية التي تتسلل الى تركيبة الوقود لكي تغير سلوكه من الوداعة الى العنف ؟ ، ترا اية قوة خفية هذه التي تراوغني و تسخر مني ؟ كلما شعرت اني قاب قوسين او دنى من الوصول الا واكتشف ان الامر مجرد سراب يحسبه الضمأن ماءا ،

ومن خلال هذا الفشل تبين لي ان حلم الصاروخ اخذ يتفلت مني دون أن أكون قادرا على إيقافه رغم انه كان واقعا خلال التجربة الأولى و الثانية ،

اما الحنجرة فقد اختفت، و عدت مجددا عشية الثلاثاء إلى نفس المكان محاولا البحث عنها ، لكني لم أجدها ،بعد ساعتين من البحث في السهل المنبسط و الغابة عدت اجر أذيال الخيبة ، وتيقنت ان الحنجرة قد اختفت إلى الأبد ... و هو ما يحتم علي تصنيعها مرة أخرى مع ما يكلف ذلك من مال و مجهود و ذهاب و إياب إلى محل الخراطة، كل هذه العوامل تمثل كابوسا مزعجا صرت اكرهه.

المهم قمت بالتعليق على شريط الفيديو باللغتين الانجليزية و العربية و حملته على موقع اليوتوب ثم نقلت عنوانه الرابط و نسخته في رسالة إلى المهندس ريتشارد ، ليرد بعد يوم واحد معلنا من خلال جوابه ان الامر جديد بالنسبة له ، في حقيقة الأمر استغربت من جوابه ، كيف ان رجل بخبرة طويلة اكبر من سني يقول ان هذا الامر جديد بالنسبة له ، و استفسرته عن الامر وقال انه رغم خبرته الطويلة هذه فهو لازال يتعلم، فقلت له نعم تتعلم شيء مفهوم ، ولكن من مبتدئ مثلي ليس مفهوما ، و استطرد مجيبا انه يتعلم من أي كان ولو كان مبتدئ مثلي و في أي وقت كان حتى اخر يوم في حياته : لاحظ تواضع العلماء و إصرارهم .

المهم شرحت له الكيفية التي اعد فيها الوقود الجاف ، و أعطيته التفاصيل الدقيقة عن الحالة التي يكون عليها الوقود عند تصلبه، و كنت قد لاحظت خلال المرتين الأخيرتين انه أصبح يتشكل وفق بنية حبيبية وقابل للتفتت ، و فاقد لخاصية الرطوبة ، أي انه لا يمتص الماء من الهواء المحيط عند ما يكون موضوع في مكان مفتوح ، اذ انه في الظروف العادية عند وضع قطعة من الوقود الصلب في العراء فإنها سرعان ما تتشكل عليها طبقة لزجة لامعة ناتجة عن امتصاص الماء الموجود في الهواء الرطب . وخلال التجربتين الأخيرتين كان الوقود الصلب المتكون جافا و فيه ثقوب صغيرة و لا يتلزج (من اللزوجة) كما هو من المفروض ، لما كتبت هذه التفاصيل للسيد ريتشارد كان رده سريعا و حاسما من حيث التفسير ، وقال ان الطبيعة الحبيبية التي يتشكل وفقها الوقود الجاف تخلق فجوات داخل بنيته ، وهذه الفجوات تعطي فراغ واسع تحترق فيه

الجزيئات بشكل سريع جدا مقارنة من البنية الممتلئة في الوقود العادي و هو ما يؤدي الى الانفجار عوض الاحتراق البطيء : لقد كان تفسيرا مدهشا بحق

و فعلا لما كنت اكمل اعداد الوقود كنت اقوم بجمع بقايا الخليط (يكون على شكل عجين) ثم اكوره على شكل كريات صغيرة و أضعها جانبا حتى تتصلب ، و عند إشعالها ، كانت تشتعل بشكل سريع جدا ، وقد تتطاير من مكانها كانها شهاب قابس. و كانت هذه الخاصية مصدر اعجاب بالنسبة لي ، اذ كنت اقول مع نفسي انني تمكنت من صنع وقود صلب غاية في القوة .

و لما سألته عن البديل قال ان احسن وسيلة لتفادي هذه المشكلة هي إعداد وقود جاف بدون ماء. وفي حقيقة الامر، كنت قد اطلعت على هذه التقنية في موقعه من قبل ، و الشيء الذي جعلني ابتعد عنها هو كثرة التحذيرات التي كتبها رفقة كيفية الإعداد و التخويفات من مخاطرها و الطرق المعقدة التي كان يستعملها لتفادي هذه المخاطر ، اذ انني لم اكن اتوفر على هذه الوسائل ، مثلا: جهاز تسخين كهربائي ، محرار الكتروني ، جهاز اطفاء الحريق يكون قريبا من طاولة الإعداد ، قفازات جلدية ، قناع واقي لمنطقة الوجه ، الخ...

و خطورة هذه الطريقة تكمن في غياب الماء في الخليط ، لان مجرد خلط نترات البوتاس مع السكر، بدون ماء، يصبح الكل قابل للاحتراق ، و يزداد الأمر خطورة عند وضعه كمية محترمة منه فوق النار ، إذ ادني خطأ أو تهاون يؤدي حتما إلى احتراق الخليط بسرعة كبيرة ، داخل المقلاة ،مع ما يصحب ذلك من شظايا متطايرة حارقة و دخان كثيف سيعم الارجاء كلها و نحن في غنى عن تبعاته.

و سيرا على نصائحه، عمدت ذات مساء إلى مقلاة عميقة و وضعت فيها كمية من ملح النترات و مسحوق السكر، هذه المرة لم اضع الماء ، و بدأت في تحريك الخليط بملعقة ، و بعد دقائق بدأت جزيئات السكر في الذوبان و التلون باللون الأصفر ، و كلما ذابت هذه الجزيئات إلا و سجنت معها جزيئات نترات البوتاسيوم، عند تصلبها يصبح الخليط متجانس ، وسررت غاية السرور ،لما انتهت

العملية بدون مشاكل، قمت بتكوير كمية من العجين الأصفر و الذي كان جد ساخن، و لما برد و أصبحت تلك الكويرة غاية في الصلابة بلونها الأصفر الذهبي، لاحظت بداية تشكل تلك الطبقة اللامعة التي تحدثت عنها فوق ، و كانت هذه دليلا كافيا بالنسبة لي على اني قد وجدت مخرجا حقيقيا لطرد لعنة الانفجارات التي بدأت تلاحقني خلال التجربتين الأخيرتين ، و لما أشعلتها كانت تحترق بقوة و لكن بثبات يبعث على الاطمئنان ، و انبعثت في روح انطلاق جديدة ، في سبر اغوار علم الصواريخ .

المهم اقتنعت ان مشكلة الانفجارات قد حلت بفضل التقنية الجديدة ،و ما علي سوى التفكير في إعداد الوسائل الكفيلة باستغلالها أحسن استغلال ، مثلا ما يتعلق بالخلط و حجم الحبيبات السكرية و الملحية يجب ان تكون متناهية في الصغر ، يعني يجب طحن و غربلة كل مادة على حدة طحنا جيدا و غربلتها حتى تصير ناعمة ، و بعد ذلك يجب خلطها بشكل جيد ، و السيد ريتشارد ذكر في موقعه ان مدة الخلط كانت حوالي 24 ساعة ...!!!، مستعينا بالة كهربائية دوارة .

خلال الأيام التي تلت قمت بتجميع المكونات التي تدخل في تركيب الة الخلط ، محرك يشتغل بالتيار المستمر و جهاز تحويل التيار من متناوب إلى مستمر ، ميقت ميكانيكي ، و وعاء زجاجي يمكن غلقه و فتحه (علبة مربى من الحجم الكبير) ، و الإطار المعدني الذي يركب فيه جميع هذه الأجهزة ، ثم لوالب للتثبيت ، مع ما يصحب ذلك من تلحيم و ثقب و تقطيع ...

خلال أيام كانت الآلة جاهزة و تخلصت من جميع المشاكل التي كانت قد ظهرت في المرحلة الأولى من التركيب ، و قمت بإحضار المواد بعد أن طحنتها جيدا ووضعتها في الوعاء الزجاجي للآلة و أغلقته بإحكام ثم بدا التدوير ، بعد حوالي ساعتين توقفت الآلة بشكل ذاتي بفعل الميقت الميكانيكي ، و لما فتحت الوعاء الزجاجي و استخرجت قليلا من الخليط و قمت بحرقه ، واحترق بشكل سليم و عادي ،و بعدها خطر ببالي أن المدة التي حددها السيد ريتشارد مدة

مبالغ فيها. اذ أن ساعة او ساعتين من تدوير الخليط كافية للحصول على خليط متجانس. و بعدها بدات في التفكير في صناعة قالب خاص يصب فيه عجين الوقود الجاف حتى يتصلب وفق شكل و ابعاد هندسية موحدة و يكون اكثر اناقة من حيث المظهر العام و اشد إحكاما و تجانسا ، وهذا القالب يتيح انجاز العديد من اسطوانات الوقود بدون اللجوء للوسائل الأخرى ، و هذا القالب هو عبارة عن صفيحة مستوية من حديد يتم تثبيت قضيب من الفولاذ اللامع فوقها مع وسائل لغلق تسرب العجين الأصفر .



قضبان الوقود الصلب

لما انتهيت من هذه الترتيبات بقي لي ايها السادة اعادة تصنيع حنجرة أخرى ، و كما قلت سابقا ، كنت اجد في نفسي تثاقلا للذهاب الى محل الخراطة نظرا لعدة اعتبارات، من جملتها مثلا، ان صاحب المحل لا يحب زبونه ان يملي عليه ما يجب القيام به ، فهو المعلم و صاحب المحل ، لذلك تراه يسألك ماذا تريد ان تفعل بهذه ، ليقوم هو بالتخطيط و تحديد الأبعاد و القياسات ثم إقناعك ان ما يقوم به هو عين الصواب ، و اذا رفضت اقتراحاته تلك ، فانه يقبل ذلك و لكن على مضض ، و قد ينتقم منك في أخر المطاف ،عندما يحدد

لك اجرة ذلك العمل، على كل حال هذه مسالة نفسية يشترك فيها عامة الناس من الصناع و الحرفين و المهنيين و التجار و الفلاحين و الأطباء و المحامين و مهندسي البلدية و المعلمين و الفقهاء والعسكر و عمال النظافة و الممرضات و الحواة المحترفون منهم و الهواة ....الخ

الحاصل ،ذات صباح ، أخذت المحرك ووضعته في كيس اسود و اتجهت به إلى حي النخلة ، الى نفس المحل الذي كنت عنده في المرة السابقة ، و قد قررت ان أغير شكل الحنجرة ، و أعطيته الشكل الذي سيقوم بتنفيذه على ورقة بيضاء ، ووافق على ذلك ، و لما سالته عن ثمن ذلك قال ان ثمن الأتعاب هو مائة و أربعون درهما !!! . مائة و أربعون درهما من اصلاح قطعة من حديد هو ثمن مرتفع ، لما سألته التخفيف رفض ذلك معللا ان ذلك يتطلب مجهود كبير ، قبلت ذلك على مضض و أعطيته مائة درهم كتسبيق ، و كان هذا خطا مني ، و انصرفت إلى حال سبيلي ، عدت في اليوم الموالي ، لا شئ بعد ، و أحسست بنوع من الندم على عودتي لهذا المحل ، قلت لاباس المهم ان تكون النتائج في المستوى المطلوب عدت في اليوم الموالي وجدته مشغول مع جرار ، في اليوم الثالث كان غائبا ولم يكن المساعد الثاني قادر على التعامل مع الة الخرط ، في اليوم الرابع ذهبت مساء و جدت ان المحل مغلق ، ولما سالت احد جيرانه الميكانيكيين قال انه لا يشتغل يوم السبت و الاحد ، يعني لا يفتح المحل حتى يوم الاثنين ، عدت يوم الاثنين مساء ووجدته، و لما سالته عن الانجاز ابدى اعتذاره عن التأخير معللا ذلك بكثرة الانشغالات و عدم كفاية الوقت ، و هنا أدركت خطئي لما أعطيته التسبيق ، و لما المحت له باسترداد المائة درهم اذا كان مشغولا رفض ذلك مؤكدا انه سيبدأ فيها في الساعات القادمة ، و طلب مني العودة في اليوم الموالي ، و لما عدت وجدته فعلا قام بانجاز الحنجرة ولكن اية حنجرة ؟ استعمل حديد ذو سمك رقيق و كانت ذات ابعاد غير مستوية ، أصبت بالإحباط مما رايت ، و قلت له ان

طريقة الانجاز لا تدل على انك معلم من جهة ، و لا تبرر الثمن الذي طلبه مقابل اتعابه !!!

المهم ، رفضت تلك الطريقة و طلبت منه اعادة تكوين حنجرة اخرى بمعدن غليظ ، و يكون يوم غد اخر اجل لإعدادها ، عدت اليه في اليوم الموالي ، ولما اراني المحرك وفوقه الحنجرة بشكلها الجديد لم استسغ شكله العام ، و لما امسكته بيدي بدا ثقيلا مقارنة مع الشكل الاول ، اذ انه استعمل هذه المرة حديد سميك جدا (حوالي خمس ميليمترات) ، اخذت المحرك وو ضعته في الكيس و اكملت له الاربعون درهما ، و انصرفت دون المجاملات التي تكون في هذه المواقف و دون ادب الانصراف ، لان مشاعر الاحباط و الغضب و الند م كانت طاغية على أي شعور اخر. كنت ساخطا على كل المستويات ، من حيث مدة الانجاز

: حوالي عشرة ايام من الذهاب و الإياب ، و من حيث التكلفة : مائة و اربعون درهما ، و من حيث جودة العمل : انجاز ردئ ، كل هذا من اجل إصلاح ،كما قلت سابقا، قطعة من حديد بحجم مغلقة ابريق !!! .

رجعت الى المنزل ولما وضعت المحرك فوق الطاولة ، و بدات في تامله ، تبين لي انه غير صالح بالمرة لاجراء التجارب ، وقررت انجاز محرك اخر ، مع اتباع نفس الخطوات التي قمت بها في بداية المشوار ، انه نوع من العودة على بدء ، واخذت المنشار و شطرت المحرك نصفين غير اسف عليه ، و لما شطرته احسست بنوع من الارتياح ، هو شعور كمن يتخلص من شيء يكرهه، و عمدت الى انبوب اخر بنفس الابعاد و القياسات ، كنت قد اقتنيته من قبل ، ولكن رغم هذا ، فانه لا يعفيني من العودة الى محل الخراطة من جديد ، و لكن هذه المرة محل اخر ، و فعلا في اليوم الموالي ذهبت الى محل يوجد في وسط المدينة ، و هناك و جدت في الاستقبال فتاة تلبس بذلة زرقاء ، استغربت من تواجد امراة في مجال هو مجال ذكوري بامتياز ، و فسرت ذلك انها ربما تكون تلقت تكوينا في مجال المكانيكا ، و فعلا لما شرحت لها ما اريده كانت على دراية تامة

بالمصطلحات و المفاهيم المكانيكية المختلفة ، و لما استفسرت عن ثمن انجاز تلك المغلقة التي تشبه القمع (الحنجرة) قالت حوالي خمسين درهما ، خمسين درهما فقط !!! . اخفيت اندهاشي من هذا الرخاء مقارنة مع المحل الاول ،و تبين لي درجة عدم كفايتي في مجال التجارة، و أكثر من ذلك طلبت منى العودة مساءا ، في المساء عدت و قالت معتذرة ان التقني الذي يشغل الة الخرط قد خرج في مهمة لصاحب المحل ، قبلت اعتذارها على أمل العودة يوم غد ، في ضحى اليوم الموالي ركبت دراجتي على عجل راجعا كما تم الاتفاق ، و فعلا و جدت انهم قد انجزوا المطلوب منهم ، و هي كانت عبارة حلقة تركب فوق الأنبوب عن طريق التدوير ، أي انها لم تكن

الحنجرة بالكامل، و كان هذا خطا اخر مني ، و كنت قد قررت إكمالها عند لحام مجاور للبيت وكانت تجمعنا صداقة قديمة ، أخذت الكل و أديت الثمن المطلوب ، و قفلت راجعا رأسا الى محل التلحيم ، و هناك بدأت في إكمال بناء الحنجرة و استعنت بالأدوات مثل المطرقة و السندان و زرا دية لتشكيل القمع المخروطي و الذي يلحم فوق احد أطراف الحلقة التي أتيت بها من محل الخراطة ، وبينما انا منهمك في الطرق و في غفلة مني انزاحت تلك الحلقة الى موضع الطرق و هوت عليها المطرقة مما ادى الى اعوجاجها ، القيت المطرقة بعيدا ، و أخذت الحلقة بين أصابعي اتفقد مكان ضربة المطرقة و كانت قد تشوهت و لم تعد صالحة بالمرة ، و هذا معناه ان كل شئ عاد الى موضع الصفر و على البداية من جديد ، تملكتني مشاعر مختلطة ، حسرة تعتصر القلب و غضب و ندم تتأجج نارهما في الفؤاد ، ولكن لاباس فالشعور الوحيد الذي اخافه هو الرغبة في الاستسلام ، و قد تعلمت من خلال تجاربي إعادة المحاولة وراء المحاولة حتى يتحقق المراد، هذا من جهة، ومن جهة اخرى لا يمكن ان تحس بتلك السعادة العارمة، لحظة تحقيق النجاح، اذا لم تمر بهذه الظروف القاهرة ، كما يقول اهل الصين : لا يستمتع بمنظر السهل من لم يتعب في صعود المرتفع.

قررت العودة من جديد من حيث أتيت ، أخذا معي الحلقة و المحرك ، لما وصلت شرحت لهم حيثيات ما وقع ولما تبين لهم ما كنت ارمي إليه اكد التقني المسئول عن المخرطة انه بإمكانه القيام بنفس ما كنت أسعى إليه ، دون اللجوء لا الى اللحام ولا الى المطرقة و لا هم يحزنون، وبالتالي ربح المجهود و الوقت ، و ولما أبديت موافقتي أكدوا لي ان ثمن إعادة تصنيع شكل اخر هو خمسون درهما ، كما المرة السابقة ، ما كان علي الا ان أوافق من جديد ، ماذا يفعل المريض أمام طبيبه ؟؟. الحاصل عدت الى البيت و انا منهك القوى ، و انا اتسائل متى سينتهي هذا المشوار ؟؟ لماذا انا سيء الحظ الى هذه الدرجة ؟؟ و غيرها كثير من الأسئلة . تناولت طعام الغذاء على عجل ، لكي أعود لأرى ما ذا فعل بالمحرك ، امتطيت دراجتي متجها إلى مركز الخرط ، لما و صلت كان الوقت بعد الزوال ، ودخلت الى مركز الآلات ، وهناك وجدت صاحب المحل (الحاج) حيث كانت تربطه مع والدي (رحمه الله) صداقة قديمة ، استقبلني بحفاوة و رحب بي أيما ترحاب لأنه كان يعلم اني صاحب تجارب في مجال التكنولوجيا ، و كان كثيرا ما يسألني عن الجديد و عن مدى استمراريتي في الابتكار و الاختراع كلما التقينا ،المهم بعد ان انتهينا من عبارات المجاملة و السؤال عن الأحوال ، و قال لتلك الفتاة التقنية ان تنظر ما انا قادم من اجله ، وأخذت المحرك من تحت الطاولة ووضعته فوق الطاولة ، ظاهر للعيان أمام اعين من كان هناك من الناس ، و في حقيقة الأمر بقي كل من كان هناك مركزا نظره على الجسم الغريب لانه شيء لم يسبق لهم مشاهدته من قبل ، و كان من بينهم احد الفضوليين كانت لي به معرفة مسبقة و هو الشيء الذي شجعه عن استفساري عن ماهية هذا الأنبوب الغريب الشكل ، و في واقع الأمر ، أحسست بالحرج من شدة إلحاحه ، غير ان صاحب المحل تدخل قائلا انني (يعني انا) الوحيد الذي اعرف ماهية ما انا بصدد صنعه ، و كان هذا تدخلا لصالحي ، تخلصت به من إلحاح الرجل الأخر.

لما أردت أداء ثمن الإصلاح المتفق عليه و الانصراف، تدخل مرة أخرى منقصا من المبلغ رادا علي تقريبا نصفه ، و أوصى كذلك التقني المكلف بالمحل بان يعتني بمطالبي كلما جئت للمحل . شكرته على ذلك بكل جوارحي وودعته على امل اللقاء في وقت قريب.

و ضعت المحرك في كيس اسود و ركبت الدراجة عائدا الى المنزل ، هناك أخرجت المحرك و صعدت به إلى المختبر ، و وضعته فوق طاولة و بدأت في تأمله ، لقد كان مدهشا بحق ، فاره القامة ، قوي البنية ، حتى سرت أشده إلى صدري شدا قويا، كما تشد الأم وليدها إليها.

أخذت اجري مجموعة من القياسات في أبعاده من حيث الطول و العرض ، لقد كان مختلفا عن المحرك الأول (الوهاج-1) ، انه ليس الوهاج واحد !!، انه الوهاج- 2 !! .



<u>الوهاج 2</u>

الحاصل ايها السادة، اني قد تجاوزت كل هذه العراقيل ، و التي هي من طبيعة الاشياء في أي مجال من المجالات ،و لم يبقى الا تجربة اخرى تكون حاسمة من كل النواحي.

خلال الاسبوع الاول من شهر فبراير كنت منهمك في إعداد الوقود الجاف وفق الطريقة الجديدة ، و قد و فقت ايما توفيق في مطابقة النتائج المظهرية للوقود الذي يعده مطلقو الصواريخ الآخرين ، و خصوصا لما أرسلت صور الوقود الجديد للسيد ريتشارد ، و قد أبدى إعجابه بالنتائج المحصل عليها. و تمنى لي مزيد من التوفيق و النجاح.

وكنت افكر كذلك في كيفية انجاح التجربة المقبلة و تفادي الاخطاء التي ارتكبت خلال المراحل الماضية ، من بينها مثلا ربط الحنجرة من العنق بواسطة سلك طويل حتى و إن كان هناك حادث انفجاري كالمرات السابقة ، تكون مربوطة بشكل موثق الى منصة الاختبار حتى لا تطير بعيدا وتفقد الى الابد،

13.1 التجربة الخامسة

اختصارا، في يوم 14 فبراير 2008 على الساعة الواحدة زوالا حملنا معدتنا كما هي العادة فوق الدراجة و اتجهنا صوب الغابة ، غير اننا قررنا تبديل المكان الذي سنجري فيه التجربة هذه ، لاني قد " تطيرت " من المكان الذي اجرينا فيه التجربتين السابقتين الفاشلتين ، و اتجهنا صوب قمة المرتفع الجبلي لجبل " سيدي محمد الصالح" و قد توغلنا فيه الى إن اصبحنا نطل على سهل "ذراع الغزلان" و كان معمل الاسمنت يبدو بعيدا في الأفق بعموده الدخاني الصاعد إلى أعلى . اخترنا مكان منبسط وبدأنا في وضع المنصة و المعدات الأخرى، و قمت بتثبيت المحرك الجديد باللوالب فوق المنصة ، كما ربطت عنق الحنجرة بواسطة سلك طويل مربوط الى المنضدة ، تفاديا كما قلت سابقا لأي خطأ قد يؤدي الى فقدان الحنجرة كما حدث خلال المرتين السابقتين،

ووضعت اسطوانتي الوقود الصلب الجديد داخله ، و اغلقت عليهما بالحنجرة ، ثم قمت بتشغيل كاميرا الفيديو ووضعتها قرب المنضدة ، ثم فتحت زر تشغيل العلبة الالكترونية و بدأت الاسطوانة الدوارة المكسوة بالورق الميليمتري في الدوران ، تراجعت للوراء لعدة أمتار و انبطحت أرضا في مكان امن ، كنت احس بنوع من الخوف و القلق ، و هو شئ طبيعي اذ انه نفس الإحساس عند الجلوس على طاولة الامتحان، اذكر اسم الله ثم اضغط زر الاشعال ، كنت مركزا سمعي و بصري و كل الجوراح على المحرك (الوهاج-2) فجاة سمعت صوت مكتوم قد انبعث منه وخروج كمية قليلة من دخان اسود عبر فتحة الحنجرة ، وهو صوت انفجار الصاعق ، ثم علا الصفير المدوي و اندفاع دخان ابيض بشكل جد كثيف الى اعلى لمسافة خمسة أمتار قبل ان ينحني تحت تاثير التيار الهوائي ، ثم شاهدت تزحزح المحرك الى اسفل في حركة خفيفة لمسافة ستة سنتيميترات ثم عودته كما كان تحت تاثير النابض القوي ، و حدثت هذه الحركة كرد فعل لقوة الاندفاع الغازي من الحنجرة ، ثم شاهدت احمرار هذه الأخيرة بفعل الحرارة العالية و بعدها توقف الصفير و هدا المحرك و ان بقيت شعلة من اللهب تخرج من الفوهة ، صحت مكبرا :" اللهم صل على محمد و على ال محمد... !!! " ، قلتها هكذا بشكل اعتباطي ، و بعدها تبين لي اني كنت شيعيا في هذه المسألة اذ ان الصلاة على رسول الله بهذه الطريقة هو من اختصاص الشيعة ، و قد تسربت الى ذهني عندما كنت اتابع في الانترنيت عمليات إطلاق الصواريخ الإيرانية، و عندما كانوا ينجحون في تجربة صواريخهم تسمع منهم صلاة على رسول الله بهذه الطريقة ،. اخذت الكاميرا وهي في طور الاشتغال و هرعت الى المنصة ، و التحق ابراهيم ، و بدات في الدوران حول المنصة و كانت اسطوانة التسجيل لازلت تدور ببطء و قمت بإيقافها .و قد لاحظت ان المبيان الذي رسم على الورقة الميليمترية قد بلغ في طوله حوالي ستة سنتمترات و هو مايعني ان المحرك قد حرر قوة دافعة تقارب مائة و عشرون كلغ !!! او الف و مائتي نيوتن حسب التعريف الدقيق للقوة

الناتجة و من اجل تحديد ما يسمى بالنبض الخاص فانه يتم ضرب القوة الحاصلة في المدة الزمنية التي اشغل فيها المحرك ، مثلا اذا اردنا ان نحسب النبض الخاص لهذا المحرك فانه يكفي ان نعرف مدة اشتغاله التي هي 1.5 ثانية و بالتالي نقوم بحساب جداء القيمتين (1.5*1200= 1800ن/ث) أي ان النبض الخاص يساوي الف و ثمان مائة نيوتن على الثانية . المهم ايها السادة أبديت سرورا بالغا ماله من نظير، فرحة عارمة ،و لم لا و قد نجحت التجربة بشكل حاسم ، ومن كل ناحية ، حتى المنضدة ادت دورها بشكل سليم ، النابض تقلص و تمدد تحت تاثير قوة الدفع ، القلم المسجل بدوره خطط و سجل شكل التقلص الذي أبداه النابض ، المحرك الدوار دار و أمعن في الدوران ، المحرك الصاروخي زمجر و ارعد ذهلت من شدة النجاح الذي تحقق ، لم أتوقع ان التجربة ستكون بهذه القوة ، كل شيئ كان مثاليا . اما تلك المشاعر المحبطة و الباعثة على الياس عندما كنت انتقل من مخرطة الى مخرطة لتركيب المحرك و غيرها فقد أصبحت الآن من الماضي ، احترقت تلك المنغصات عند اول شرارة اطلقها المحرك . قمت بحل تلك الأسلاك التي كنت قد ربطت بها عنق الحنجرة حتى تعرقل أي انفصال محتمل، و في الأخير فككت المحرك ثم قفلنا راجعين ، و عندما اكون فوق الدراجة فإنني أبدا في إنشاد ترانيم من وحي الانتصار .

اثناء دخولي المنزل أعلنت عن نجاح التجربة ، كما هي العادة هناك من يفرح و يهنئ و هناك من يبدي تبرما معتقدا ان ما أقوم به مجرد تضيع للوقت و الهاء عن المشاريع الأساسية مثل التفكير في المستقبل و الزواج و الإنجاب و تكوين الأسرة و بناء منزل و جمع



المال ...الخ . عمدت الى الحاسوب و نقلت الشريط من ذاكرة الكاميرا الى القرص الصلب ثم فتحت برنامجا لمعالجة مقاطع الفيديو و بدأت في إضافة بعض المعلومات مثل تاريخ التجربة و ترتيب المحرك و شدة القوة الناتجة ...الخ وبسرعة قمت بتحميلها على موقع يوتوب ثم ما لبثت ان نقلت عنوانها الترابطي و قمت بلصقه في رسائل أرسلتها الى كل الأصدقاء المقربين في مختلف الدول ، اما السيد ريتشارد فقد خصصته برسالة ذكرت فيها كل مناحي التجربة و كل تفاصيلها الدقيقة ، و في اليوم الموالي كنت أتلقى الردود و خصوصا رد ريتشارد الذي هنأني على النجاح و مع تمنيه مزيد من التوفيق و النجاح . في اليوم الموالي كنت أتملى في تسجيل التجربة و

كنت أشنف سمعي بصفير المحرك الصاروخي ، كان بالنسبة لي لحنا خالدا عزفته على اوتار من حديد و نار...

الحاصل أيها السادة بدت الطريق الآن نحو إطلاق الصاروخ أكثر سهولة و يسر و قد عدت الى الجسم الصاروخي الذي كنت قد ركبته من قبل ، و بدأت في إتمام ما كنت قد بدأته من قبل ، بدأت في التفكير في الاسم الذي سأطلقه عليه ، و عملية تسمية أول صاروخ لدولة ما مثلا تكون من الأهمية بمكان فلابد ان يكون اسم الصاروخ محمل بكثير من الدلالات سواء علمية او وطنية او دينية ، فكل الدول التي تسمي صواريخها الأولى تتيمن بذكرى احد رجالاتها الكبار في تاريخها قصد إذكاء الروح الوطنية و العلمية في الأجيال الصاعدة ، فالهند ، مثلا، قد سمت صاروخها " براهموس "، إيران فقد سمته " عاشوراء " ،إسرائيل أطلقت عليه اسم " شاحور" ، إما روسيا فقد سمت صاروخها " طوبول- م " (الشيطان) الذي هو مفخرة الصناعات العسكرية الروسية ....الخ

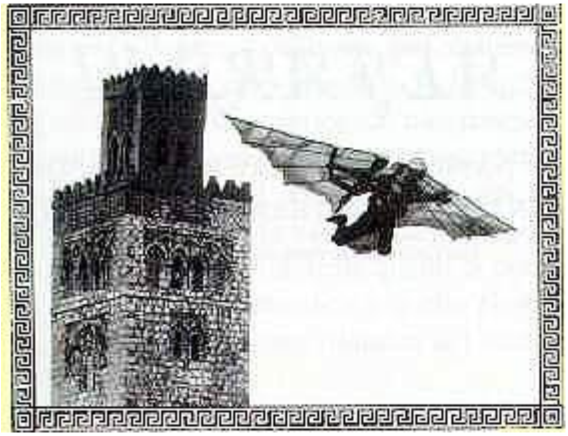
تبهرني شخصية عباس بن الفرناس و لذلك قررت ان اطلق اسمه على اول صاروخ اقوم بتصنيعه ، وفي حقيقة الامر كنت مترددا بعض الشئ ، فلا اعلم ان كانت خطوتي هذه ف يمحلها ام لا ، فكنت اقول في نفسي من انا حتى اتجرا و اجمع قطع من خشب و بلاستيك على هيئة صاروخ ثم ارسم عليها اسم لكبار علماء التكنولوجيا في عصره ؟ ، ولكن اليس بحري دولة عربية مسلمة ان تبني برنامجا فضائيا ثم تضع اسمه على اجسام صواريخها كعربون امتنان وتقدير لقدر الرجل في مجاله ؟ . ومن منطلق علمي ان الجواب على هذا السؤوال هو النفي كنت مقتنعا بان ما لا يدرك كله لا يترك جله ،

اسوق للقارئ الكريم نبذة عن حياة عبار ابن الفرناس من الموسوعة الحرة وكيبيديا:



أبو القاسم عباس بن فرناس بن فرداس التاكرني (810-887 م)، أول من حاول الطيران

ومن الواضح حسب المصادر أن عباس بن فرناس قام بتجربته في الطيران بعد أبحاث وتجارب عدة، وقد قام بشرح تلك الأبحاث أمام جمع من الناس دعاهم ليريهم مغامرته القائمة على الأسس العلمية. يقول ابن سعيد في "المغرب في حلى الغرب «ذكر ابن حيان: أنه نجم في عصر الحكم الربضي، ووصفه بأنه حكيم الأندلس الزائد على جماعتهم بكثرة الأدوات والفنون،



وكان فيلسوفاً حاذقاً، وشاعراً مفلقاً، وهو أول من استنبط بالأندلس صناعة الزجاج من الحجارة، وأول من فك بها "كتاب العروض للخليل، كثير الإختراع والتوليد، واسع الحيل حتى نسب إليه عمل الكيمياء، وكثر عليه الطعن في دينه، واحتال في تطيير جثمانه، فكسا نفسه الريش على سرق الحرير، فتهيأ له أن استطار في الجو من ناحية الرصافة، واستقل في الهواء، فحلق فيه حتى وقع على مسافة بعيدة». يعتبره المسلمون كما ورد أول إنسان يحاول الطيران، 1000 **قبل** كليمون ادار.

من المصادر أن بن فرناس صنع آلة للطيران بعد دراسة وتشريح ميكانيكا الطيران عن الطيور وأفلح في طيرانه ولكنه بعدما نزل حوكم بتهمة التغيير في خلقة الله وتم عزله في بيته.

في ليبيا صمم طابع بريد يصور محاولته الطيران وأطلق اسمه على فندق مطار طرابلس، وفي العراق وضع تمثال له على طريق مطار بغداد الدولي، وسمي مطار آخر شمال بغداد باسمه مطار ابن فرناس.تكريما له سميت فوهة قمرية باسمه وتعرف بفوهة ابن فرناس القمرية.

14.1 صناعة الصاروخ الفرناس - 1



الفرناس 1 في فناء المنزل

الحاصل ايها السادة عدت مجددا الى اعمال ريتشارد ناكا في ما يخص كيفية بناء الصاروخ ثم معرفة العلاقة بين مختلف اجزاءه ووجدت ان الامر فيه الكثير من العلاقات الرياضاية التي تنظم هذه الاجزاء تنظيما ، فمثلا العلاقة بين قطر الصاروخ و طوله و طول الاجنحة وشكلها و اكتشفت

مفاهيم منها مثلا مركز الضغط و مركز الكتلة وهذا المفهوم الاخير كنا قد درسناه في مادة الفيزياء ولم اكن اعرف مجال استعمالها الا بعد الان ، فمثلا مركز الضغط مفهوم يتكون عندما يمر جسم الصاروخ في تيار هوائي وهذا التيار يشكل ضغطا على مختلف اجزاء الصاروخ كل حسب مساحته فكلما زادت المساحة في منطقة معينة كلما زادت قيمة الضغط هناك ، وعليه يجب مراعاة المسافة بينه و بين مركز الكتلة ، ولكي تتضح لك العلاقة بينهما انظر الى شكل السهم الذي يتم اطلاقه بالقوس فهو مزود بريشة في مؤخرته وهو ما يعطيه استقامة في الحركة بحيث يبقى الراس دائما في المقدمة سواءا صعودا او هبوطا و كاننا نقول للهواء اضغط على الصاروخ في مؤخرته حتى لا يحدث دوران الصاروخ اثناء انتقاله و يصير كمن يرمي عمودا في الهواء لا غير، لذلك توضع ثلاثة اجنحة او حتى اربع في مؤخرة الصاروخ و غالبا ما يكون طول كل جناح ضعف قطر الصاروخ و اذا درسنا تاثير الهواء على جسم الصاروخ فاننا سنجد ان اكبر تاثير يكون قرب الاجنحة ، واما مركز الكتلة كما قلت فانه يحدد في الصاروخ بعد تركيب المحرك و تعبئته بقضبان الوقود الصلب ثم غلق الكل ، ثم بعدها تاخذ حبلا و تديره على جسم الصاروخ بين وسط الطول والاجنحة ثم ترفعه اليك وتحاول ان يكون الصاروخ في حالة توازن تماما كما كفتي الميزان وهذه النقطة التي يكون فيها الصاروخ متوازنا تسمى مركز الكتلة CG، و العلاقة بينها و بين مركز الضغط هي ان لا يجب ان لا تقترب هذه بتلك يعني مركز الضغط CP و مركز الكتلة CG بل يجب مراعاة ان يكون مركز الضغط اسفل من مركز الكتلة على الاقل بمسافة تعادل قطر الصاروخ اذا اردت ان يطير صاروخك بثبات و استقرار.

اما ما يتعلق بكيفية تركيب المحرك داخل الانبوب الصاروخب فاني قد استعنت بحلقات من خشب سميك بحث

يمكن ادخال المحرك في داخلها ثم ادخال الكل في جسم الصاروخ و تثبيتها بلوالب من خارج هناك حلقتين واحدة فوق واخرى تحت ، اما ما يتعلق بالراس المخروطي فهو بدوره يجب ان يخضع لمقاييس في ما يتعلق بشكل مخروطيتيه ، وكيفية صناعته ومما وجدته طريقة صناعة الراس المخروطي بحيث تصنع عادة بالالياف الكربونية او الزجاجية composites وهي التقنية التي تستعمل في صناعة الطيران بصفة عامة ، صراحة لم اكن اتوفر على الامكانيات لاقتناء هذه المواد و استعمالها ، ثم ان الغرض من فلسفة هواية الصواريخ هي الاقتصار على المواد المحلية في تركيب الصاروخ و النجاح في اطلاقه ، ذهبت ذات مساء لاحد محلات المختصة في تلحيم الاباريق و صناعة القواديس بواسطة الزنك (الخارصين بالعربية) وقد طلبت منه ان يصنع لي مخروطا ابعاده كذا و شكله كذا الخ ... ولما رجعت لاخذه كان مخروطا مريعا بحق لا من حيث الشكل ولا من حيث الدقة ولا من حيث الجمالية التي من المفروض ان تكون في راس الصاروخ، دفعت له ثمن ذلك العمل ورجعت به ووضعته في مكانه على جسم الصاروخ وكان مخروطا مائلا من البداية كان يشبه قبعة البهلوان انزلته و رميت به في صندوق المهملات غير اسف عليه ، وكحل بديل فيما سبق كنت قد لاحظت ان شكل قنينات احدى المشروبات الغازية شكلها يناسب تماما للصاروخ ، بسرعة قمت بتجربتها و ادخالها هناك مكان المخروط ، لقد كانت مناسبة ، بسرعة قمت بشطرها نصفين و تشكيلها و وتعديلها و صباغتها و تركتها تحت اشعة الشمس لكي تجف ، وفي المساء وضعتها في راس الصاروخ ، كانت مناسبة بشكل مدهش ، او كما قال الشاعر :

كانما خلقت له و خلق لها و ان رامت
لغيره لزلت الارض زلزالها

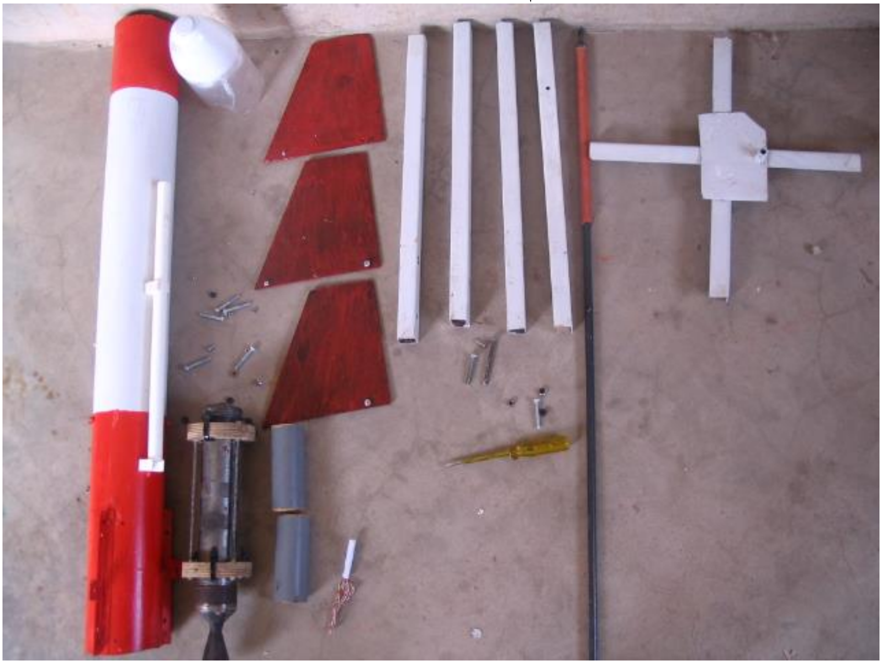
المهم صارت الامور جاهزة ولا ينقصنا الا موعد الاطلاق ، صراحة كنت كلما تذكرت هذه المسالة والا و احس بخوف و رهبة غريبة تجتاحني احس بثقل في المعدة و فراغ الركبتين ، كنت احس بان هذه التجربة هي بمثابة بوابة لمرحلة جديدة ساكون مضطرا لخوض غمارها بايجابياتها و سلبياتها و كنت متخوفا من السلبيات اكثر و خصوصا موقف السلطات هنا ، وخصوصا الحرب على ما يسمى بالارهاب تجتاح وسائل الاعلام وهو ما يحتم زيادة اليقضة و الانتباه من طرف اعوان السلطة و الشيوخ والمقاديم وكنت اعلم مصير الكثير من الشباب بعد قيامهم بتجارب كيميائية تافهة مثل خاط الالمينوم و حمض الكلوريدريك داخل قنينة و تركه تنفجر بصوت مدوي داخل مؤسسة تعليمية كان مصيرهم المحاكمة العسكرية و السجن عسكري ايضا ، كنت ارى هنا غباءا في كل شيئ التلميذ غبي حيث وضع التجربة في غير محلها كان عليه ان يذهب بعيدا خارج المدرسة في فضاء مفتوح و يحدث ماشاء من التجارب و المدير غبي حيث تسرع في اعلام السلطات المحلية و السلطات المحلية غبية الانها اتصلت بالسلطات الاقليمية و المركزية لانها سلمت الامور الى المحكمة العسكرية وهي غبية ايضا ، تحاكم تلميذا لانه اجرى تفاعلا يدرس في القسم في مقررات الوزارة .

نعم انا لدي حيثيات خاصة بي فانا معروف لدى الجهات المختصة بفضل المشاراكات العلمية التي كنت اجريها على الصعيد المحلى و الوطني بحيث تكون السلطة حاضرة هناك، مثلا ذات يوم نظم مهرجان ثقافي في العيون وقد شاركت فيه وكان من بين الحضور عامل اقليم تاوريرت السيد البوشيخي وقد استحسن ما كنت اقوم به وقال في خطبته للحضور انهم من الواجب عليهم تشجيع الشباب و الكفاءات المحلية في مختلف المجالات ، اضافة الى اني

حاصل على براءات اختراع و من جهة اخرى فانا احاول ان اكون مبتعدا قدر الامكان عن اعين الناس عندما اجري هذه التجارب ، يعني احاول ان لا اعطيهم ذريعة للتدخل رغم

انهم يعلمون بما اقوم به ، اذهب بعيدا حيث لا يراني الا الله واقوم باجراء التجارب .

ثم اني لا ابتغي من خلال هذا العمل لا فسادا في الارض و لا الاستعلاء على احد من خلق الله كيفما يكون ثم اني استخير الله في كل ما اقوم به يارب ان كان هذا العمل شر لي في ديني و دنياي فاصرفه عني و اصرفني عنه و اكتب لي الخير حيث كان . نعم استاذ ...



الفرناس 1 اثناء التفكيك

ثم بعدها بدات في صناعة منصة الاطلاق وهي عبارة عن قاعدة معدنية تتكون من اربعة قضبان حديدية متقاطعة

على شكل + طول كل منها نصف متر كما يخرج من وسطها قضيب معدني بشكل متعامد يكون طوله حوالي 2 متر او ضعف طول الصاروخ ، وقد راعيت فيها خاصية التفكيك و التركيب عند الحاجة بحيث عندما تكون مفككة تكون عبارة عن قضبان عادية لا تاخذ اي اهتمام .

15.1 الانطلاق الى الاطلاق

اود ان لا طيل عليكم ايها السادة مر فصل الربيع وجاء فصل الصيف بالضبط يومه 13 من يوليوز 2008 كان يومه السبت عشية كانت السماء هادئة و بها غيوم خفيفة وكنت اتحاشى الايام التي يكون فيها الرياح متحركة لان هواة الصواريخ يحذرون من اطلاق الصاروخ وسرعة الهواء تتجاوز 20 كلم في الساعة ، في الفترة الصباحية كنت اجري بعض التعديلات كما ذهبت لكراء الة تصوير كبيرة من عند احدى مختبرات التصوير هناك في المدينة ، كانت من النوع الذي يسجل فوق شريط مغناطيسي صغير الحجم ، يعني يمكن ان تسجل ساعتين بدون توقف كما انها مزودة بتقنية الزووم بغرض تقريب و ابعاد الاشياء من خلال عدستها ، كان ثمن الكراء خمسون درهما ، بدات الاستعدادات دخلنا انا و ابراهيم مرحلة العد العكسي .

تناولنا غذائنا ثم قمنا بوضع الاشياء الطويلة في كيس ازرق من النوع الذي يخزن فيه الشعير او الحبوب بصفة عامة ، اما الا شياء القصيرة فقد وضعناها داخل علبة كرتون ووضعنا الكل على الدراجة النارية ، قاصدين دوار الدير او "ابعير" ان صح التعبير وهو مكان يبعد حوالي 12 كلم

جنوب العيون وهو الدوار الذي رايت فيه النور و ترعرعت فيه و الاحداث التي ذكرتها في صفحة التمثلات الطفولية في الواقع قد وقعت هناك بالضبط ، وهذا العمل ما هو الا تتمة لاحلام ذلك الطفل الذي كان يغمغم بين الصخور يعني نوع من الوفاء بالوعد ان صح التعبير، ركبنا الدراجة ثم انطلقنا على بركة الله قاصدين محطة الاطلاق الفضائية الخيالية و الخالية و الخلائية ، المهم غي الخلاوات . بعد ساعة او اقل وصلنا الى المكان المنشود هو عبارة عن ارض توجد في ملكيتنا وهناك اوقنا الدراجة لم يكن هنا احد ، كان المكان خاليا تماما من الناس ماعدا بعض الاغنام كانت ترعى بعيدة عنا كانت الجبال التي نعرفها و تعرفنا بعيدة جنوبا بحوالي 1 كلم اما العيون المدينة فكانت بالكاد تظهر ملامحها شمالا و كان جبل ريش الحمام يغطي تقريبا نصفها او يزيد بظهره القاتم ومن بعيد تظهر جبال بني يزناسن و هي مكسوة بغابات الارز كانت جبالا ذات شموخ اسطوري لونها ازرق وكانها تتماها مع لون السماء وهي الراسخة في الارض ، فيما يخص الجو فقد كان غائما وكانت الرياح قوية مع الاسف الشديد بحيث صارت الامور لا تناسب عملية الاطلاق ولكن لا نستطيع الرجوع هكذا نحن جئنا لكي نطلق و سنطلق مهما كانت الظروف ، اخرجنا الكاميرا و كلفت ابراهيم بالتصوير فقط، تصوير كل شئ منذ البداية حتى النهاية ، جلس قريبا، و بدات انا في اخراج المعدات و تركيب اجزاء الصاروخ جزءا جزءا ... وكنت اتحدث من حين لاخر على شكل تقرير ووصف لما اقوم به وكنت قد احضرت معي كاميرا السيد ريتشارد ناكا و كنت التقط من حين لاخر صورا ثابتة ، المهم لم تمر الا ساعة حتى كان الصاروخ واقفا في شموخ واصرار طلبت من ابراهيم ان يلتقط لي بعض الصور مع الصاروخ و كانت احداها صورة

الغلاف لاباس من نعيدها هنا :



لحضات قبل الاطلاق

وقمت بتركيب الكل قضبان الوقود ثم الصاعق و اخرجت الاسلاك التي تبعد اكثر من عشرة امتار و كانت البطارية في الجيب صراحة لقد حبسني الخوف الشديد من اتمام العملية ، صرت اسير جيئة وذهابا اتفحص الصاروخ اتفحص الاسلاك ، الكاميرا ، طلبت من ابراهيم ان يوقف التصوير لبرهة ثم دخلت في حوار مع نفسي حول هذا الجبن الذي يعرقلني عن ضغط الزر ، قمت بعملية استرخاء او نوع من التامل في كيفية التقديم امام الكاميرا قبل الاطلاق تذكرت الاية في سورة الرحمن **يا معشر الجن و الانس ان استطعتم ان تنفذوا من اقطار السماوات والارض فانفذوا لا تنفذوا الا بسلطان .** قمت باختيار مكان وراء شجرة الشوك او السدرة اختباءا من شضايا اي انفجار محتمل ثم قمت بتشغيل كاميرا السيد ريتشارك وهنا وقفت وقلت لابراهيم ان يركز الكاميرا على الصاروخ لا يحيد عنه بعدسة الكاميرا مهما حدث ، ثم بعدها و قفت امام الكاميرا معلنا عن لحظة الاطلاق مستعينا بالاية المذكورة فوقه ثم ختمت الكلمة بعبارة " تابعوا معنا عملية الاطلاق " رجعت الى المكان المحدد ثم استلقيت على الارض و بسم الله ضغطت الزر قلبي يدق بشكل منعني من سماع ما يدور هناك اسفل الصاروخ ، صفير حاد اخترق الاذان قبل ان ينتشر في الارجاء انطلق الصاروخ الى السماء في سرعة البرق ارتفع مقدار عشرون مترا حتى رايته يميل الى جهة الرياح لقد صعد ولكنه وجد الرياح القوية في انتظاره ، ما هي الا ثواني حتى ابتعد عنا ثم فجاة حدث امر لم اتوقعه لقد رايت شيئا ينفصل عن جسم الصاروخ وعاد الى الارض وهنا فقد الصاروخ توازنه وصار يدور و يدور في الجو ثم هوى الى اسفل ليسقط بعيدا في الوادي المجاور ، الشئ الذي سقط منه هو احد الاجنحة تذكرت انني لم اثبت مكانه الذي يلتصق فيه بشكل جيد

ونسيت تثبيته باحكام وها هو يطير من فوق جسم الصاروخ لان ، واذا حذف احد الاجنحة فان مركز الضغط يلتحم مع مركز الكتلة و بالتالي يدور الصاروخ كما يدور اي عمود مقذوف في الهواء ، صراخ عاالي و فرحة عارمة و حماس وقاد اجتاحني رغبة عارمة في الطيران ، و لم اشعر الا وانا اجري باقصى سرعة في اتجاه مكان سقوط الصاروخ .

الفرناس1 لحظة انطلاقه



الرابط لمن اراد مشاهدة فيديو تجربة الاطلاق
https://www.youtube.com/watch?v=O-EGNUk2SxE

لما وصلنا الى الصاروخ وجدناه قد تحول الى شضايا جراء صقوطه الحر على صخور ، طلبت من ابراهيم تشغيل الكاميرا وهنا بدات اصف التجربة بشكل حماسي مع الاشارة بان الامر يتعلق بخطأ تقني و ان تجربة الاطلاق كانت ناجحة على العموم وكما عاينت المحرك ووجدت انه لم يصب بالاذى خلافا للاجزاء الاخرى فقد " تفرشخت "

اما الجناح فقد وجدنا بعيدا منفصل وقد تبين انه كام مثبت بالغراء فقط لقد نسيت تثبيته باللوالب ... هاك يا النازا هاك..\



الجناح بعد انفصاله من جسم الصاروخ



بقايا الصاروخ بعد تحطمه



المحرك بعد عودته من تجربة الاطلاق

المهم بينما نحن في دهشة التجربة رأينا احد السكان قد جاء مسرعا الى جهتنا ولما اقترب منا توقف عن بعد واكتفى بالنظر ، لم يكن يعرف من نحن ، أو ما كنا نقوم به ، لما تفرست في سحنته تبين لي انه شاب من من احدى العائلات تسكن هناك في الدوار وبالتالي معرفة ابن من هو فناديت عليه هل انت ابن فلا ن فقال نعم وسالته هل يعرفنا فاجاب بالنفي وقلت له انظر الى تلك الاطلال في سفح الجبل لمن هي ؟ فقال هي لبني فلان قد رحلوا منذ زمن بعيد فقلت له اني قد ولدت هناك في تلك الدار، وكانت تلك الاطلال دارا عامرة تعج بالحياة و الحركة والنشاط ، حياة بحلوها ومرها كانت هناك ... الان خمد كل شئ و طويت تلك الحياة بين صمت النهار و ظلمة الليل ... اه

فاستانس و اقترب منا و سلم علينا وبدات اسرد عليه اسماء الجبال هناك واسماء السهول بتفاصيلها الدقيقة و الوديان و الهضاب بطبيعة الحال باللهجة الامازيغية ، وقلت له ان الامر يتعلق باطلاق صاروخ ، ويبدو انه لم يكن يعرف الصاروخ اصلا ...

طلبت من ابراهيم ان يجمع شظايا الصاروج ولا يترك شئ هناك ، كان بدوره يلتقط بعض الشظايا ويضعها في كيس ، لما انتهينا وضعنا الاكياس فوق الدراجة ثم ركبنا وقفلنا راجعين ، كما العادة كنت اترنم اناشيد من وحي النجاح و الانتصار ، و كان خيالي يسبح بعيدا الى درجة اني صرت اعد نفسي في مصااف كبار العلماء مثل هايزنبرغ او ثرنر فون براون او غيره ... في الحقيقة لم اكن اسمح لهذه المشاعر ان تترسخ في الذهن فانا مجرد انسان عادي او اقل من عادي في عرف الناس فانا مجرد شاب لا يعرف مصلحته و يصير في طريق الفشل من حيث تحصيل الوظيفة و جمع الفلوس و بناء الدار و الزواج ... وهم محقون في ذلك على كل حال

المهم وصلنا الى الدار كما العادة اعلنا اننا قد حققنا ما كنا نصبو اليه ، انتشرت موجة من الفرح داخل افراد الاسرة، اما انا اسرعت الى الحاسوب و كتبت خبرا قصيرا الى السيد ريتشارد ناكا معلنا

عن نجاح التجربة ، ثم بعدها اخذت الكاميرا الى المختبر وطلبت منه تحويل محتوايات الشريط الى قرص مدمج ، وطلب مني الرجوع في المساء ، وعدت اليه واحضرت القرص وادخلته الحاسوب وبدات في مشاهدة الفلم الذي تكون لدينا فيلم مكون من 45 دقيقة او يزيد يصور عملية تركيب الصاروخ من البداية الى الاطلاق، يعني فلم يختصر ثلاث سنوات من العمل و التجارب الناجحة والفاشلة ثم تتويجا لهذا العمل كله يختصر في لحضة صفير يشق به الصاروخ الفضاء ، الفضاء لان هنا لم يعد عذريا كما كنت اراه فيما قبل . المهم ايها السادة قد نسخت العديد من الاقراص و كنت اوزعه على الاصدقاء و المعارف ، كان الجميع يهنئ و يبارك و يسال الله التوفيق ، احد الاصدقاء او المعارف ان صح التعبير شاهد الفلم ومن بعد قال لي ان ما قمت به لشئ جديد علينا وهو عمل كفيل به ان اما ان يرفعك الى المقامات العالية او قد يهبط بك الى اسفل سافلين ، واجبته مازحا انه لن يكون هناك شئ لا مقامات عالية ولا دركات سفلية وذاك ماكان.

وبعدها جائني رد السيد ريتشارد مهنئا تلك المجهودات الجبارة وقال عبارته التى لازالت تحضرني مرحبا بك في نادي هواة الصواريخ

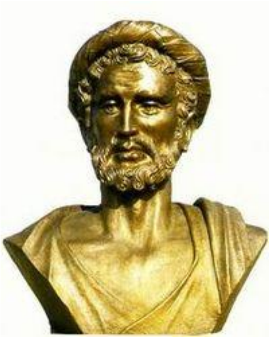
شعرت بالفخر و الامتنان ، كانت عبارته بمثابة وسام ونياشين اعلقه على صدري، وكنت كلما صرت في المدينة الا واجد الانظار تحدق الي يبدو ان الكل يعلم بقصة الصاروخ سواء عبر الانترنيت او عبر الاخبار الشفاهية او غيرها وحتى السلطات باتت تعلم بامر الصاروخ ولكن كما قلت سابقا اذهب بعيدا واطلق ما تشاء الى الفضاء ، فمادامت الامور بعيدة عنهم فهم بعيدون عنك .

و الله المستعان .

الفصل الثانـي

2 التواريخ في استعمال الصواريخ

0.2 اولى البدايات



1.2- اركيطاس دو تارانت

يجمع مؤرخو العلوم أن أول استخدام لمبدأ رد الفعل الناتج عن قوة البخار يرجع إلى عصر اليونان وذلك على يد احد العلماء يدعى (اركيطاس دو تارانت) الذي عاش مابين 435 ق.م و 347 ق.م في مدينة تارانت اليونانية آنذاك، وهي حاليا مدينة

في الجنوب الايطالي، حيث انه قام بتركيب إوزة من الخشب كان يعلقها بأسلاك ثم يحركها عن طريق البخار المنبعث منها و المؤرخون لم يذكروا كيف كان يسخن الماء في جوف هذه الإوزة الخشبية لتعطي تلك الحركة التي كانت مثيرة للعجب آنذاك.

2.2 - هيرون السكندري



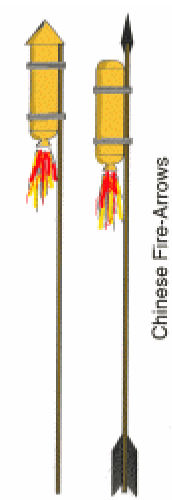
ثلاثة قرون بعد ذلك، قام هيرون السكندري وهو مخترع يوناني كان يعيش في مصر زمن البطالمة مابين سنة 70 ق.م و 10 م ، باختراع "الايلوبيل" وهو محرك يدور تحت تأثير البخار المندفع من منفذين متعاكسين. بحيث انه عند تسخين الماء في مرجل المحرك يصعد البخار عبر ساقيين مجوفين ثم يجتمع البخار داخل فلكة و يخرج عبر الأنبوبين المكوعيين -(كما هو في الشكل)-



تحت تأثير رد الفعل تدور الفلكة بسرعة مادام الماء و النار متوفرين ، ولكن المسالة التي تحير مؤرخو العلوم هو لماذا لم يدفع بهذا الاختراع إلى الإمام قصد استغلاله في تطبيقات ميكانيكية أخرى كانت ستعجل من تقدم البشرية عشرة قرون على الأقل

،

3.2- الصينيون



نعم حضارة الصين قديمة جدا ،ففي القرن الثالث قبل الميلاد كانوا يملئون سيقان شجرة البامبو بخليط مكون من ملح الصخر، (نترات البوتاسيوم) وكمية من الكبريت ومسحوق الفحم ثم إشعالها خلال الاحتفالات الدينية معتقدين أن أصوات الانفجارات التي يحدثها الخليط تطرد الأرواح الشريرة، و يحدث في بعض المرات أن تلك السيقان لا تنفجر بل تندفع إلى الأمام تحت تأثير رد الفعل الناتج عن ضغط الغاز الناتج عن تفاعل نترات البوتاسيوم و الفحم و لكن لا احد يعلم اسم من كان وراء تطوير هذا المبدأ لكي يخترع البندقية و المدفع و الصاروخ.

بحيث كانت هذه الأسلحة قد دخلت الخدمة الفعلية لدى الجيش الصيني منذ 1045م و هو ما تؤكده الوثائق التاريخية، حيث تورد بعضها عبارة "الأسهم النارية " و هوالعبارة التي قد تحيل على معنيين:

إما أنهم كانوا يقصدون بها الصواريخ بحد ذاتها.

أو كانوا يقصدون بها سهم يحمل مواد مشتعلة تطلق على أهداف العدو .

ومنذ بداية القرن الثالث عشر تزايدت تهديدات الغزو المغولي، و هو ما دفع السلالة الحاكمة يومئذ سونغ إلى الاعتماد على التكنولوجيا العسكرية الجديدة لمواجهتها، و هو ما دفع المهندسين الصينيين من ابتكار أشكال جديدة من الأسلحة مثل القنابل اليدوية و المدافع و الصواريخ التي استعملت بشكل واسع في معركة "كاي-فونغ-فو" سنة 1232 م.

وقد جاء وصف الصواريخ من قبل المبشر الفرنسي "بيير أنطوان جوبيل" في كتابه

(تاريخ جنكيز خان و الأسر المغولية التي هزمت الصين-1793) كما يلي:

"... و عندما أشعل الصينيون سلاحا ناريا جديدا سمع له صوت كالرعد من مسافة 15 ميل و عند سقوطه على الأرض فان مساحة تدميره تجاوزت ألفي قدم في كل الاتجاهات ...". ربما كان الصينيون يملئونها بالمواد الحارقة و قطع الحديد للحصول على هذه القدرة التدميرية الواردة في الوثيقة.

كما أوردت الوثائق عبارة "الجرة الحديدية" في وصف مكونات هذه الصواريخ، فمن المحتمل أن تكون هذه الصواريخ قد احتوت أول غرفة احتراق لتوليد الدفع الناتج عن البارود الأسود الذي يستعمل كوقود دافع.

4.2-العرب

1.4.2 استعمال البارود:

واستمد المسلمون من الصين ابتكاراً أضافوا إليه وحسنوه، فأحدث هزة في العالم بمعنى الكلمة: ونعني به البارود.

وكان الصينيون يستعملونه في صورة طلقات متوهجة أو قليلة لتكريم الموتى ! أما المخترع العربي فيروى أنه أدرك فكرة الاستفادة على نحو آخر من هذه المادة ذات الخاصية المتفجرة،

وهكذا استحدث العالم الإسلامي أسلوباً أفضل لاستعمالها بضغطها في صورة مدفع توالى تحسينه حتى صار رائداً المدفعية الحديثة.

ويضيف المستشرق (ستانوود كب) قائلاً: تعلم العرب من الصينيين صناعة البارود، ولكن جاء استعمالهم له على نحو مخالف لما كان يخطر على بال الصينيين، فلقد وضعوا موضع التجربة فكرة إمكان استخدام قوة انفجار البارود في إطلاق قذيفة من خزانة مقفلة، ويدعى أن أول مدفع صالح للعمل قد صنع في مصر حوالي القرن الثاني عشر الميلادي، وكانت صناعته من الخشب الذي تربطه دعائم معدنية، ويقذف أحجاراً مستديرة، وفي منتصف القرن الخامس عشر أدخل المسلمون تحسينات على المدفع أمكن معه استخدامه في حصار القسطنطينية واحتلالها.(20)

وفي معرض حديثه عن تراث مصر العلمي في العصر المملوكي، قال الدكتور عبد الرحمن زكي : ولا يخفى أن البارود كشف مملوكي ينسب إلى نجم الدين حسن الرماح المصري الذي عاش في النصف الثاني من القرن الثالث عشر وعنوان مخطوطه الذي ذكر فيه قاعدة البارود (كتاب الفروسية والمناصب الحربية)، وأشار إلى نسختيها المحفوظتين في دار الكتب الوطنية بباريس.

ووصف نجم الدين الرماح في كتابه الفروسية، تركيب قنبلة المدفع بأنها تتركب من: الملح، والكبريت المسحوق، ورماد الفحم، والبرادة، والنشادر، والزرنيخ الأحمر، والتيلة الزرقاء.

ونقل العرب إلى إسبانيا ابتكارهم: الأسلحة الناريّة للدفع، المستخدمة لمادة البارود، حيث استخدمها لأول مرة هناك في معركة طريفة سنة 741/1340 سلطان بني مرين أبو الحسن علي بن أبي يعقوب ، ومعه أبي الحجاج يوسف، في قتال قشتالة وحلفائها، قبل أن يطورها الفرنسيون والإيطاليون.

ويؤيد الأستاذ يوسف أشباخ معرفة الموحدين لهذا السلاح الجديد (البارود) بقوله: إن خلفاء عبد المؤمن من الموحدين، هم الذين نقلوا استعمال البارود في القرن الثالث عشر من أفريقيا إلى إسبانيا، وأن استعمال الآلة القاصفة التي تقذف الكرات الملتهبة، شاع بين مسلمي

أفريقية، بعد ذلك العهد بقليل، ووصف هذه الالات لا يدع مجالاً للشك في أن هذه الكرات كانت تقذف بواسطة البارود.

2.4.2 استخدام قذائف النار الإغريقية:

يقول (رينو): إن العرب لما أغاروا من الأندلس على جنوبي فرنسا وافتتحوا بقيادة السمح الخولاني، وعنبسة الكلبي، والحر الثقفي، مدائن أربونه، وقرقشونة، وأفنيون، وليون، كانوا مجهزين بأسلحة لم يكن للإفرنج مثلها.

وقال (رفول) في تاريخ الجيش الفرنسي: اقتبس الغربيون من العرب ـ في الحروب الصليبية ـ أصول نسف حصون المدن، كما أخذوا من العرب طريقة استعمال النار اليونانية (أي الصواريخ) وقد استخدمها صلاح الدين في حصار عكا سنة 1190 م.

ووصف ابن الخطيب في كتابه (اللمحة البدرية) المدفع الذي استعمله الغرناطيون عند احتلالهم (قلعة أشكر) عام 724/1324 وما أحدثه هذا السلاح من ذعر في صفوف القشتاليين، وهذا الوصف يعتبر من أقدم النصوص التاريخية حول استعمال المدفع.

وتؤيد المصادر الإسبانية هذه الأخبار، وتشير إلى هذا المدفع كسلاح جديد رهيب، وتؤكد بأن ملك غرناطة يمتلك سلاحاً جديداً مبيداً؛ أي أن مسلمي الأندلس قد توصّلوا إلى استعمال المدفع قبل أن يتوصل الأوروبيون إلى استخدامه.

وينقل الدكتور الطوخي أن كلمة نفط تعني قذائف النفط أو قذاف النار الإغريقية، ثم تطور معناها بحيث أصبح يعني الأسلحة النارية أو البارود ؛ وكانت هذه الأسلحة لا تحدث نارا عند انطلاقها، وإنما كانت تحدث فرقعة وهديراً، ولهذا سميت بصواعق النفط، وصواريخ النفط، وكانت قذائفها كوراً معدنية أو حجرية، ويسمى المشرفون على إطلاقها بالنفطية أو البارودية ؛ ومن هذا نرى أن كلمة نفط كانت تطلق على سلاحين مختلفين: أحدهما يتصل بالقوارير والقدور وهو الذي يشعل النيران، والآخر يعني المدافع والمكاحل ولا يسبب ناراً وإنما هدماً وتحطيماً.17)

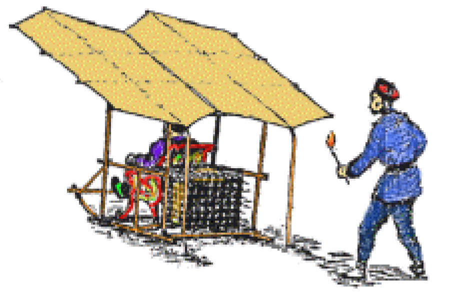
ووصفت قذيفة النار الإغريقية التي استخدمها المماليك في حروبهم البرية والبحرية، وخاصّة في معاركهم مع المغول، بأنها أسطوانة نحاسية ذات فم طويل يوقد منها مزيج تملأ به الأسطوانة يتركب من النفط والزيت والكبريت المجمد بالصمغ القابل للاشتعال.

ويصور لنا (جوستاف لوبون) حالة الفزع والرعب التي أصابت الصليبيين بعد استخدام العرب النار اليونانية حيث يقول: وعرف العرب تركيب النار اليونانية وبلغت هذه النار من الانتشار عندهم ما صارت معه (عامل الهجوم المهم) وتفنن العرب في استخدامها، والقذف بها بشتى الطرق، وليس بمجهول خبر الرعب الذي ألقته في قلوب الصليبيين، فورد ذكره في أحاديثهم، ومن ذلك أن أعلن (جوانفيل) ـ الذي اشترك في معركة المنصورةـ أنها أفظع شيء رآه في حياته، وأنها ضرب من التنانين الكبيرة الطائرة في الهواء، ولما أصبح (جوانفيل) في جوار الملك (سان لويس) ركع ورفع يديه إلى السماء وقال باكياً: أي ربنا يسوع احفظنا واحفظ قومنا.

5.2 القرون الوسطى

و في جرأة نادرة قام احد العلماء الصينيين يدعى "فان-هو" ،و كان معاصر للرحالة كريستوف كولومبوس، ببناء أول مركبة تعتمد الصواريخ في الدفع حيث انه قام بتجميع سبعة و أربعين صاروخ إلى كرسي مزود بأدوات قيادة و جلس هو شخصيا على الكرسي كرائد فضاء، و طلب من عماله إشعال الصواريخ السبعة والأربعين، وما هي إلا لحظه حتى وقع انفجار هائل، و وميض خاطف و دخان كثيف، واختفى على إثرها العالم "فان هو" عن

أنظار عماله ليس لأنه طار إلى الفضاء و لكنه تحول إلى أشلاء



Legendary Chinese official Wan Hu braces himself for "liftoff"

بفعل الانفجار المدمر.

وهي قصة مشابهة لقصة العالم الأندلسي المسلم "عباس ابن فرناس"(وانتشرت فكرة الصورايخ في اروبا و استعملت في معارك بين الدول المتحاربة وقد جاء في كتاب فرنسي (القذائف و الصواريخ)عام 1561 كيفية صناعة صاروخ طوله متر. كما أورد كاتب أخر يدعى "كونراد هاس" و كان مسئول تسليح في جيش ولاية سيبوي (جزء من رومانيا الحالية) مابين 1529-1569 حيث وضع رسما لصاروخ ذو رأس مخروطي و جسم و زعانف تشبه إلى حد كبير تصاميم الصواريخ الحديثة .

خلال القرون التالية تطورت وسائل أخرى مثل البندقية و المدفع و زادت دقة إصابة الأهداف و فعاليتها في المعارك أدى بطبيعة الحال إلى أن توارت الصواريخ من اهتمامات العسكريين و بقيت شبه منسية إلى غاية منتصف القرن التاسع عشر

لتظهر الصواريخ من جديد في كتابات أدباء الخيال العلمي أمثال كل من "سيرانو دو بيرجيراك" و "جول فيرن" و "هـ.ج.ويللز" ، ليس كسلاح هذه المرة و لكن كوسيلة نقل الى الفضاء الخارجي.

6.2 الصواريخ خلال القرن العشرين.

خلال بدايات القرن العشرين كان الفضل لثلاثة رجال في تطوير علم الصواريخ و بناءه وفق أسس رياضية و فيزيائية صرفة مستعينين سواء بالمعادلات الرياضية و القوانين الفيزيائية التي وضعها علماء سابقون، و خصوصا قوانين إسحاق نيوتن، أو قاموا أنفسهم بوضع هذه القوانين و المعادلات . و قد خرجوا من الميدان النظري إلى مراحل التجريب و الاختبار يتعلق الأمر

بالروسي" قسطنطين تسولكوفسكي" (1935.1857)

و الالماني " هيرمان اوبيرث" (1989.1894)

و الامريكي "روبيرت كودارد" (1945-1882).

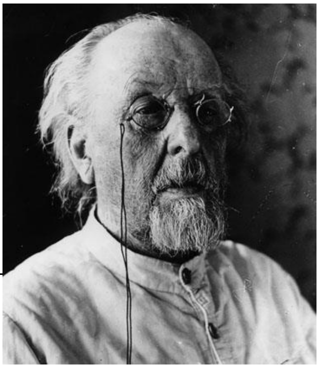
هناك عالمين آخرين هما الروسي "سيرجي كوروليف " (1966-1907) و الألماني

"ثرنر فون براون"(1977-1912) (نقل إلى الولايات المتحدة بعد الحرب) و إن كان هذين قد قاما ببناء البرنامجين الفضائيين في كل من الاتحاد السوفيتي سابقا و الولايات المتحدة في الخمسينات من القرن الماضي.

واستطاعا إيصال الإنسان إلى الفضاء الخارجي بواسطة الصواريخ و المركبات الفضائية التي صنعاها في سباق فضائي محموم بين الدولتين العظميين في تلك الفترة.

سنقف مليا عند كل هؤلاء الثلاثة لنرى تأثير كل واحد منهم في تاريخ الصواريخ:

1.6.2 قسطنطين تسولوكفسكي.



" صحيح ان كوكب الارض هو مهد الانسان و لكن الانسان لن يستطيع العيش في مهده الى الابد

، اذ انه سيغادره حالما يصير قادرا على ذلك".

1.1.6.2حياته:

ولد في 17 شتنبر 1857 في قرية " ايجيفسكو" التابعة لولاية "رايسان" الروسية من أب بولندي كان حارسا للغابة، و لد قسطنطين وسط عائلة فقيرة و كثيرة الأفراد (حوالي 17 فردا) وفي سن العاشرة فقد حاسة السمع اثر إصابته بالحمى الصفراء وهو ما حرمه من متابعة الدراسة، لكنه دأب على تعليم نفسه بنفسه ، و قد طالع جميع الكتب التي كانت في خزانة أبيه.

خلال الفترة الممتدة بين 1873 و 1876 انتقل إلى موسكو وهو ما مكنه من إرواء عطشه المعرفي من جميع المكتبات فيها

و خصوصا مكتبة دار "باشكوف " الشهيرة ومن أن يلتقي بالفيلسوف الألمعي الروسي " نيكولاي فيديروفيتش فيديروف" الذي كان يشتغل بالمكتبة الروسية الوطنية. و يتأثر بمحاضراته ثم الاشتغال في المكتبة الوطنية و بعدها أستاذا محاضرا في الجامعة ،وهي التي لم يدخلها قط في حياته ، وفي سن السابع عشر بدا يفكر في إمكانية السفر إلى الفضاء ، و مما لاشك فيه انه تأثر بروايات "جولي فيرن" ،و بدا يهتم بالمشاكل الهندسية للمراكب الفضائية ، لان غرضه لم يكن سفر الإنسان فقط إلى الفضاء الخارجي ثم العودة و لكن عيش الإنسان هناك لكي تصبح الحضارة البشرية حضارة فضائية على حد تعبيره.

خلال الفترة 1876 -1879 عاد لمنزل العائلة ليشتغل أستاذا لمادة الرياضيات في "بروفوسك" بعد تجاوزه لامتحان الحصول على شهادة الأستاذية بنجاح ، و قد عاش هنا إلى غاية 1892 حيث تزوج وأنجب مع زوجته باربرة سبعة أبناء ، وقد انهمك خلال هذه الفترة على إجراء أبحاث حول بناء البالونات الهوائية و الحياة خارج كوكب الأرض و ديناميكيا الفضاء و الفلسفة ، ثم انتقل بعدها إلى منطقة "كالوكا" ليعيش هناك بقية حياته في منزل هو الآن

متحف للزوار. و خلال هذه الفترة أصبح أكثر شهرة و كتب معظم نظرياته حول الفضاء، و السفر بين الكواكب ، كما كتب فلسفته الفضائية و قام بالتنظير للمستقبل البعيد للحياة البشرية في الكواكب الأخرى مؤكدا أن كوكب الأرض هو حقا مهد البشرية و لكن لا احد يبقى أسير مهده بل يغادره إلى ما هو أوسع و أرحب عندما يصير قادرا على ذلك.

و في سنة 1919 عين عضوا في الأكاديمية السوفيتية للعلوم.وسنة بعدها تلقى معاشا تقاعديا من الحكومة السوفيتية. و بعد أعمال "هيرمان اوبيرث " الألماني أصبحت كتاباته أكثر انتشارا و نالت اعترافا و تقديرا دوليا ، كتب قسطنطين ما يزيد عن خمس مائة كتاب و بحث و مقال في مجال الصواريخ و فعاليتها في غزو الفضاء ، ومن المهم الإشارة إلى انه لم يقم بتركيب أو تصنيع أي من الصواريخ كما هي عادة العلماء و لكن لهذا الزخم من الكتابات دور اساسي في خلق ثقافة فضائية جديدة لدى جيل من المهندسين العلماء الفضائيين و خصوصا العلماء الروس الذين جاءوا من بعده و نخص بالذكر العالم "سيرجى كوروليف" ،الذي كان يعرف بالمصمم الرئيس داخل أروقة المعامل و المختبرات الفضائية السوفيتية ، حيث بفضل نظريات و أفكار تسولوكفسكي استطاع هذا العالم من إطلاق أول قمر صناعي " سبوتنيك-1" ثم إيصال كائنات حية " الكلبة لايكا " نحو الفضاء الخارجي ثم الطيار " يوري كاكارين" كأول رائد فضاء في تاريخ البشرية.

توفي العالم قسطنطين تسولوكفسكي يوم 15 شتنبر سنة 1935 عن عمر يناهز 78 عام حياة حافلة البحث و التنظير لعلم كان بحق احد رواده الأوائل.

2.1.6.2 أعماله :

و ضع الأسس النظرية لتحديد سرعة تنقل الصواريخ وتعرف المعادلة التي قام بتقديمها سنة 1903 باسمه و التي صيغتها أن سرعة الصاروخ في لحظة ما تساوي جداء السرعة البدئية في لوغاريتم نسبة الكتلة البدئية إلى الكتلة النهائية عند هذه اللحظة

و تعبيرها الرياضي كما يلي: $\Delta v = C \, Ln(m_0/m_f)$

ومن أهم كتاباته في مجال الفضاء و ليس على سبيل الحصر:

"استكشاف الفضاء الكوني بآلات ارتدادية" (1903) .

"خطة غزو الفضاء" (1926) وهو كتاب يحتوي حوالي 16 نقطة تبين مختلف مراحل الغزو الفضائي الناجح ثم استيطان المجرات البعيدة و بروز حضارة فضائية جديدة.

"فوق القمر"(1895).

"أحلام السماء و الأرض"(1895).

"خارج الأرض"(1920).

"القطارات الصاروخية الفضائية"(1929).

"البوم الرحلات الفضائية"(1932).يبين فيه بالرسومات الكيفية التي يعيش فيها رواد الفضاء و مختلف و وضعياتهم و هم خارج مجال الجذب الأرضي و الغلاف الجوي و كيفية بناء حدائق نباتية فضائية يستفيد منها رواد الفضاء قصد توليد الأوكسجين الضروري لتنفسهم و امتصاص غاز ثاني أكسيد الكربون الذي يطرحونه.

2.6.2 هيرمان اوبيرث.



نبوءة الوالد: *ذات مساء من أمسيات شهر يوليو عام 1869 في احتفال في إحدى حدائق سيبوي في رومانيا همس الشاعر و الفيزيائي الدكتور " فريديريك كراسر " في أذن احد أصدقاءه قائلا:*

" صدق او لا تصدق إنني مقتنع بان الإنسان سيكون بمقدوره النزول على سطح القمر بعد مائة عام من ألان .."

و صدقت نبوءة الرجل، ففي شهر يوليو عام 1969 ،أي بعد مائة عام بالضبط، استطاع البرنامج الفضائي الأمريكي إيصال كل من الرائد " نيل ارميسترونغ " و "بيز الدرين " إلى القمر و السير على سطحه.

و بعد خمسة و عشرون سنة من هذه النبوءة ولد لهذا الرجل ابن سماه " هيرمان اوبيرث" الذي سيصير احد المؤسسين الأوائل لعلم الصواريخ مساهما في تحقيق نبوءة والده .

1.2.6.2 حياته:

اسمه الكامل " هيرمان جوليوس اوبيرث" ولد في 25 يونيو من عام 1894 م في مدينة صغيرة تسمى " ترانسيلفانيا " تابعة لولاية " هيرمانشطات " في رومانيا حاليا.

عند السنة الثانية من عمره انتقلت عائلته إلى مدينة " شاسبيرج" اثر تعين والده مديرا لمستشفى المدينة، نشأ غريب الأطوار، قبل سن السابعة بدا يقوم ببعض الابتكارات و قام بتركيب عجلة مائية كبيرة أما ابتكاره الثاني فهو انه قام بتجميع مصابيح المعمل

و الاحتفاظ بطاقتها قصد استخدام عند الحاجة .

بدا اهتمامه بالصواريخ في سن الحادي عشر عندما أهدته أمه كتاب لجولي فيرن بعنوان " من الأرض إلى القمر "" و هو الكتاب الذي أعاد قراءته ست مرات إلى أن حفظه عن ظهر قلب ، و يبدو أن هذا الكتاب قد أيقض فيه نزعة العلم و المعرفة في مجال لازال يخطو خطواته الأولى. و قد تبين له أن الحسابات التي جاء بها فيرن في كتابه ليست اعتباطية بل هي حسابات سليمة و تعبر عن تفكير علمي ثاقب و هو ما يعطي مصداقية علمية للكتاب اكبر مما كان يعتقد العلماء في تلك الفترة .

في سن الثالث عشر قام بحساب قوة القصور التي سيتعرض لها إنسان في حالة وضعه في برميل مقذوف بواسطة مدفع فوجد أنها تفوق قوة الجذب الأرضي ب 47 ألف مرة '' وعلق على ذلك بان قال" *بلا شك سيتحول إلى فطائر...* "" ومنه فان المدفع غير صالح

لاستخدامه كوسيلة للدفع إلى الفضاء الخارجي. و قد توجه تفكيره إلى الصاروخ و هو ما دفعه إلى القيام بتجربة حيث انه وضع الحجارة في زورق تجديف وركب فيه في النهر
و بدا يقذف بتلك الصخور إلى الخلف فيندفع الزورق إلى الأمام و هو ما أعطاه فكرة حول الكيفية التي سيتخذها اندفاع الصاروخ ، و بعد استشارة مجموعة من الخبراء في مجال الأسلحة و المدافع في مدينته تبين له أن البارود الأسود لن يكون فعال في إيصال صاروخ إلى الفضاء الخارجي، ثم خمن أن الأوكسجين و الهيدروجين السائلين هما أقوى موا د يمكن أن تعطي الدفع للصاروخ .

في سنته الرابعة عشر قام بالتنظير للصاروخ الذي يعتمد قانون الفعل و رد الفعل في تنقله في الفضاء و ذلك عن طريق دفع الغازات إلى الخلف ، و لكنه لم يتوفر على الإمكانيات المادية لإجراء تجاربه و اكتفى بتطوير نظرياته و تعليم نفسه عن طريق مطالعة الكتب بما في ذلك كتب الرياضيات التي يعتقد انه سيحتاجها يوما ما في التخلص من الجاذبية الأرضية ، و قد استنتج انه كلما كانت نسبة كتلة الوقود إلى كتلة الصاروخ كبيرة كلما زادت سرعته في التنقل لكنه تبين أن هناك مشكل يعترض هذا الطرح ، تتناقص كتلة الوقود تدريجيا مع الوقت تحت تأثير الاحتراق في حين تبقى كتلة جسم الصاروخ ثابتة ، و هو ما يؤدي إلى انخفاض نسبة كتلة الوقود إلى كتلة الصاروخ بالتالي يصبح الصاروخ ثقيلا و غير قادر على الحركة . وقام بإيجاد حل مناسب و يتعلق الامر بالصاروخ ذو المراحل حيث يتم تركيب مجموعة من الطوابق الصاروخية بعضها فوق بعض بحيث تكون كتلة الطبقة الأفقية اقل من كتلة الطبقية السفلى و عندما ينتهي دور المرحلة السفلى يتم التخلص منها ،قصد اقتصاد الطاقة، ثم تشغيل الطبقة التي فوق و هكذا بهدف الحفاظ على سرعة الصاروخ. في عام 1912 التحق بجامعة " ميونيخ" لدارسة الطب ، غير أن دراسته لم تستمر طويلا لأنه التحق بوحدات الجيش كمسعف طبي عند اندلاع الحرب العالمية الأولى وقد قال في إحدى كتاباته انه اقتنع من خلال

هذه التجربة بالعدول عن رغبته في أن يصبح طبيبا دكتورا .. و لما وضعت الحرب أوزارها عاد إلى الجامعة لكن هذه المرة لدراسة الفيزياء تحت إمرة العلماء المرموقين في تلك الفترة.

1918 تزوج امرأة تسمى " ماثيلد هاميل " وهي التي شجعته و دعمته في مواجهة التحديات كعالم شاب طموح يسعى لتحقيق حلم البشرية لغزو الفضاء .

1922 قدم أطروحة دكتوراه مرة أخرى في علم الصواريخ لكن اللجنة المختصة رفضت موضوع الرسالة بدعوى أنها مغرقة في الخيال و اليوتوبيا. وقد علق عن هذه الواقعة قائلا : " لقد توقفت عن الكتابة في نفس الموضوع ... وقلت مع نفسي لا باس سأسعى لان أكون عالما اكبر منكم حتى بدون لقب دكتور..." و استمر قائلا:" في الولايات المتحدة عادة ما يعاملونني كأني دكتور ... و أود أن أقول أن نظام التعليم لدينا يشبه سيارة ذات إضاءة خلفية قوية تضيء الماضي و لكنها بالكاد تضيء ما هو آت من المستقبل ..."

و أكثر من ذلك رفضت جل المطابع طبع كتابه هذا و لكن في سنة 1923 نشر له كتاب أخر بعنوان " الصاروخ في الفضاء الكوكبي"، 92 صفحة ، متبوعا بكتاب أخر اكبر حجما ،429 صفحة، نشر سنة 1929 ، وهو الذي نال شهرة عالمية على انه كتاب ذو أهمية علمية بالغة و الكتاب تحت الطبع علم اوبيرث بأبحاث عالم أخر الذي هو الأمريكي " روبرت كودا رد" و كتابه " طريقة لبلوغ أقصى الارتفاعات"" نشر سنة 1919 .و قد قام بمراسلته فيما بعد و تطورت العلاقة بينهما ، وقد علم كذلك بالعالم الروسي "قسطنطين تسولوكفسكي" و تبادل معه أيضا الرسائل في نفس الموضوع .في نفس السنة (1929) فقد قدرة الإبصار بالعين اليسرى اثر حادث تعرض له عندما كان يقوم تجارب أثناء حصة تصوير لفيلم " فتاة في القمر " للمخرج الألماني "فريتز لانغ"

و خلال مدة اشتغاله مع استديو الأفلام في برلين ، قام اوبيرث بتطوير حجرة احتراق

و حنجرتها تشتغل بالوقود السائل و سماها " الحنجرة المخروطية النفاثة "" وتم تسجيلها بشكل رسمي في برلين 1930.
في الثلاثينيات اشتغل مع احد المساعدين الشباب ، و هو "ثيرنير فون براون " و الذي سيصر مهندس المشروع الصاروخي للجيش الألماني "V-2" ،أثناء الحرب، و المشروع الفضائي للحكومة الأمريكية "أبوللو" ، في الستينات من القرن الماضي، بعد نهاية الحرب العالمية الثانية رحل بعائلته إلى مدينة "فوخت" قرب " نيرنبورغ".
اشتغل في سويسرا و ايطاليا بعد ذلك و عمل على تطوير صاروخ بدون دخان يشتغل ب " نترات الامونيوم" كوقود صلب رفقة ابنه " أدولف ".
في سنة 1959 قام صديقه براون باستضافته إلى وكالة أسلحة الصواريخ الباليستية في الاباما بالولايات المتحدة الأمريكية. ومكث هناك ثلاث سنوات وعاد إلى ألمانيا ، و بقي يتردد على الولايات المتحدة من حين لأخر حيث استدعى مرة أخرى في يوليو 1969 للحضور الشرفي لإطلاق المركبة الفضائية "أبوللو-11" في أول رحلة يقوم بها الإنسان إلى القمر .
وفي كتابه " العقل و المادة " و كتابات أخرى نلمس الجوانب الفلسفية و الإنسانية من تفكير اوبيرث محاولا إيجاد الجسور الخفية بين العقل و المادة قائلا: " إننا في حاجة لمعرفة عميقة بمجاهل أنفسنا..."
أن اوبيرث يعتبر ثاني مؤسس لعلم الصواريخ وعلم الفلك الحديث بعد تسولوكفسكي
و قد امتلك عقلا فذا جعله يتفرد في تفكيره و طموحه أيما تفرد، و ميزته هذه لم تمنعه أن يتحلى بأهم صفة في أخلاق العلماء، ألا و هي التواضع ، فقد كان متواضع في كلامه وملبسه و سائر حياته . توفي هيرمان اوبيرث في مستشفى نورمبورغ يوم 29 دجنبر 1989 عن عمرتجاوز 95 سنة.

3.6.2 روبرت كودارد .



"انه لمن الصعب تحديد معنى للمستحيل ، فأحلام الأمس هي أمنيات اليوم وهي حقائق الغد ."

1.3.6.2 حياته:

اسمه الكامل : "روبرت هيتشين كودارد" ولد يوم 5 أكتوبر عام 1882 في بلدة
" ورسيستر " و لاية " ماساشوسيت" الامريكية من أبيه " ناحوم دانفورد كودارد" و أمه " فاني لويز هويت" و كان ابنهم الوحيد الذي عاش إلى مرحلة البلوغ.
في سن الخامسة ظهرت عليه علامات النبوغ حيث علمه والده كيفية توليد الكهرباء الساكنة في قبو المنزل وبدا يعتقد انه بإمكانه القفز عاليا إذا ملئت بطاريات الزنك بالكهرباء الساكنة

بدا اهتمامه بالطيران منذ هذه المرحلة في بداية الأمر كان يستعمل النماذج المعدة سلفا
و بعدها استعمل البالونات، كما بدا يسجل أعماله في مذكرات كان يعدها بنفسه، و هي الخصلة التي ستلعب دورا حيويا في حياته العلمية المستقبلية.
في سن 16 حاول بناء بالون بقضبان الألمنيوم كان يشكلها في ورشة داخل البيت و بعد خمسة أسابيع من العمل المضني و الموثق بشكل جيد تخلى عن المشروع ، و لكنه احتفظ بعزمه على مواصلة العمل مهما كانت الظروف .
وبدوره أصبح أكثر اهتماما بعلوم الفضاء عندما قرأ كتاب " هـ. ج. ويللز" الذي عنوانه
" حرب العوالم"، ازداد عزمه على الاهتمام بالصواريخ عندما لمعت في ذهنه فكرة تسلق الفضاء عندما كان يتسلق شجرة الكرز لقطع الأغصان الميتة. حيث كتب بعد ذلك حول هذه المسالة : " كم *سيكون عجيب صناعة آلة لها القدرة على الانتقال إلى كوكب المريخ ...*" و بقي تاريخ 19 اكتوبر يوما للذكرى لهذا الالهام العجيب.
مع مرور السنوات الدراسية أحس انه قد تأخر عن أقرانه في الصف نظرا لكثرة الاعتلالات الهضمية التي كانت تصيبه واستعاض عن ذلك بكثرة المطالعة و كان كثير التردد على المكتبات المحلية لاقتناء الكتب المتخصصة في العلوم الفيزياء وقد التحق بعدها بالمعهد العالي بنفس المدينة كما انتخب رئيسا للقسم و في احتفال للتخرج سنة 1904 القي كلمة بالمناسبة كان مما قاله فيها "*... انه لمن الصعب تحديد معنى المستحيل .. فأحلام الأمس هي أماني اليوم و حقائق الغد...*" و كانت هذه الكلمة الموجه الأساس لبقية حياة كودارد العلمية. في نفس السنة التحق بمعهد البوليتكنيك بنفس المدينة و سرعان ما نال إعجاب أساتذته و خصوصا رئيس قسم الفيزياء الذي جعله مساعده في المختبر و معيد للدروس في الفيزياء داخل الفصل .
وقام بعدها بكتابة مقال تحدث فيه عن طريقة مبتكرة لتوازن الطائرات و هو لم يتخرج بعد و أرسل المقال لمجلة " ساينتيفيك

اميريكان " و نشر المقال سنة 1907 وقد كتب في ما بعد في مذكراته أن مقاله ذاك قد تضمن حلولا تقنية غير مسبوقة في مجال الطيران .
سنة 1908 حصل على درجة الباكلوريوس في مجال العلوم من المعهد ثم التحق بجامعة "كلارك" . لم يبدأ كتاباته الأولى في مجال الصواريخ التي تشتغل بالوقود السائل إلا في فبراير من عام 1909. ثم قام بأبحاث حول كيفية زيادة مردودية طاقة الدفع الصاروخية عن طريق استعمال طرق بديلة عن طريقة البارود الأسود الوحيدة التي كانت سائدة آنذاك و قد خمن أن استعمال خليط الأوكسجين و الهيدروجين السائلين يمكن أن يرفع المردود الطاقي بنسبة خمسين في المائة. وفي السنة الموالية حصل على شهادة الماجستير من الجامعة المذكورة ، ثم حصل على شهادة الدكتوراه سنة 1911 .وفي السنة الموالية التحق كأستاذ باحث بجامعة " برينستون" .
خلال العشرية الأولى من القرن العشرين كانت موجات الراديو تقنية جديدة استأثرت باهتمام الباحثين و العلماء و كانت مجالا خصبا لابتكاراتهم و تجاربهم و كان كودارد بدوره يجري التجارب حول تأثير الموجات على مجموعة من المواد العازلة بهدف تضخيم تيار الناتج عن التردد وقد اخترع أنبوبا مفرغا يشبه أنبوب الأشعة السينية وسجل الاختراع باسمه و حصل على براءة الاختراع بتاريخ 2 نونبر 1915 وقد سبق بذلك حتى العالم " لي دو فوريست" في هذا المجال و بذلك بدأت الخطوات الأولى لعلم الالكترونيات الجديد. خلال سنة 1913 تدهورت صحته بشكل مقلق اثر إصابته بمرض السل مما اضطره للعودة لمنزل والديه حيث أمضى هناك فترة طويلة من النقاهة . و خلالها بدا في أهم أعماله حيث قام بتسجيل براءتي اختراع الأولى تصف صاروخ متعدد المراحل ، أما الثانية فكانت حول كيفية استخدام الكازولين و أكسيد النترات كوقود سائل للصاروخ وقد اعتمد في انجازاته هذه على مضخات هوائية كانت مسجلة باسم احد المخترعين السويديين " غوستاف دو لافال" والتي لازالت تعرف باسمه " حنجور دو لالفال" . و هي تقوم بتحويل

الطاقة الغازية إلى طاقة حركية دافعة و هو ما مكن من الارتقاء من مردود طاقي ضعيف 2 في المائة إلى مردود طاقي أعلى 64 في المائة و هو ما يؤدي إلى خفض كمية الوقود المطلوبة لطيران الصاروخ ومنه تصبح الرحلات الفضائية الصاروخية ميسرة.

في نهاية سنة 1914 تماثل للشفاء ثم الالتحاق بجامعة " كلارك" كأستاذ . وفي سنة 1916 أصبحت كلفة أبحاثه في مجال الصواريخ فوق قدراته المادية و بدأ في البحث عن ممول محتمل للأبحاث حيث اتصل بمعهد " سميثسونيان" الذي وافق على صرف مبلغ 5 ألاف دولار موزعة على خمس سنوات ، كما وافق معهد البوليتيكنيك على الاشتغال في مختبره المتخصص في الكهرومغناطيسيات.

و في حقيقة الأمر لم تكن أبحاث غودارد تقتصر على علم الصورايخ بل قام بأبحاث في مجال الأسلحة حيث انه قام بتطوير فكرة سلاح "البازوكا" وتمم احد الباحثين في الجامعة المشروع الذي أدى إلى اختراع هذا السلاح و استخدامه في الحرب العالمية الثانية بشكل كثيف.

في سنة 1919 قام معهد " سميثسونيان" بنشر كتاب له تحت عنوان " طريقة لبلوغ أقصى الارتفاعات" حيث وضع فيه و شرح نظرياته الرياضية حول طيران الصاروخ ، كما استعرض فيه نتائج أبحاثه في مجال الوقود الصلب و السائل و إمكانيات غزو الفضاء ،

و هذا الكتاب يشبه من حيث المضمون إلى حد ما الكتاب الذي أصدره العالم الروسي "تسولكوفسكي" سنة 1903 تحت عنوان " استكشاف الفضاء الكوني بآلات ارتدادية" و قد اعتبر الكتاب هذا حدثا بارزا في تأسيس علم الصواريخ . و قد وصف في بعض أجزاء الكتاب العلاقات الرياضية بين كتلة الوقود الدافع وكتلة الصاروخ و قوة الدفع و السرعة

و ناقش فيه المتطلبات الضرورية لرفع كتلة واحد باوند إلى الفضاء و كيفية استعمال الصاروخ ليس فقط لبلوغ الارتفاعات العليا فقط ، و لكن للانفلات من الجاذبية الأرض كما أعطى من خلال الحسابات التي أجراها الوزن الضروري لإطلاق صاروخ نحو القمر ثم إشعال

شحنة من البارود الأسود عند اصطدام الصاروخ بسطحه قصد إحداث انفجار كبير يمكن مشاهدته من على الأرض بواسطة تلسكوبات قوية ، و بعد أربعين سنة من هذا التاريخ، يوم 14 شتنبر 1959، كان المسبار الفضائي الروسي " لونا-2" قد حط على سطح القمر ،كما ذكر غودارد ، لكن مع تطور تقنيات موجات الراديو انتفت الحاجة لتفجير البارود الأسود كوسيلة بصرية لكشف نزول المسبار على سطح القمر،

ورغم أهمية الكتاب فانه لم يسلم من النقد حيث قامت صحيفة " نيويورك تايمز" بالتعليق عليه بما مفاده أن ما عرضه غودارد مجرد تخمين ليس إلا. ثم تشكيك العلماء الآخرين في إمكانية السفر إلى الفضاء وفق ما طرحه في كتابه وهو ما افقده الثقة في الآخرين و الانزواء ومن ثم الاشتغال و حيدا بعيدا عن الأضواء.



في 16 مارس 1926 قام بإطلاق أول صاروخ يشتغل بالوقود السائل في منطقة " اوبورن" بولاية ماساشوسيتس ، وهو المكان الذي اتخذ فيما بعد كمركز لإطلاق الصواريخ، وقد طار الصاروخ ،الذي حمل اسم "نيلل"، لمسافة 41 قدم خلال مدة 2.5 ثانية وسقط في حقل مزروع باللفت ، و هذا الإطلاق التجريبي رغم تواضعه، اثبت صحة أراء غودارد في استخدام الوقود السائل لدفع الصواريخ نحو الفضاء. و يمكن ملاحظة من

خلال الصورة أن المحرك يوجد فوق وبالتالي فهو يقوم بعملية الجر خلافا للصواريخ الحالية التي تكون فيها المحركات تحت و تقوم بالدفع نحو الأعلى .

في شهر يوليوز من سنة 1929 قام بإطلاق صاروخ أخر وهو ما اثأر انتباه الصحافة

و علم الطيار الشهير آنذاك " شارلز ليندبيرغ"([2]) ، بتجارب غودارد و التقى به في شهر نونبر من نفس السنة في مكتبه بجامعة كلارك ، وهو اللقاء الذي خلف انطباعات ايجابية لدى الطرفين حيث تبادلا و جهات نظر في ما يتعلق مستقبل الطيران واقترح عليه أن يستغل شهرته كبطل قومي للبحث عن ممولين جدد لتجاربه و لكن كان من الصعب جدا إيجاد شريك حقيقي نظرا للازمة المالية التي اجتاحت الولايات المتحدة آنذاك مع بقية دول العالم. و قد تمكن في أخر المطاف من إيجاد ممول لأبحاث غودارد وتعلق الأمر بعائلة " غوغنهايم " حيث قبلت بتمويل أبحاثه بمبلغ مائة ألف دولار لمدة أربع سنوات . و بعد حصوله على هذا التمويل انتقل إلى منطقة " روزويل" بنيوميكسيكو بتاريخ 23شتنبر عام 1935 حيث اشتغل هناك في معزل عن العالم لمدة أزيد من 12 سنة ولما اقترح أبحاثه على الجيش الأمريكي لم يستطيع هذا الأخير فهم مغزى أبحاثه في التطبيقات العسكرية

و بالتالي قوبل اقتراحه بالرفض .

خلال الثلاثينيات قام العالم الألماني "ثيرنر فون براون" باستخدام أبحاث غودارد المنشورة في الكتب و الدوريات العلمية في بناء أولى الصورايخ الألمانية A-1 و A-2 وفيما بعد سلسلة V-1 و V-2 التي كانت تتساقط على لندن العاصمة خلال السنتين الأخيرتين من الحرب العالمية الثانية .

كما كان غودارد ضحية عملية تجسس قامت بها المخابرات الألمانية حيث قامت بزرع عميل لهم في محيطه وبالتالي نقل المعلومات إلى ألمانيا النازية .و نلاحظ هنا دور الحكومات المتخاذل تجاه العلماء و المخترعين حيث أن الجيش لم يكن في المستوى الرهان الذي عقده

عليه غودارد عندما رفض أبحاثه و بالتالي تركه عرضة لحبال المخابرات الأجنبية التي كانت تعي تمام الوعي خطورة أبحاثه و أهميتها في التفوق العسكري

و بالتالي سرقتها منها أو إغرائه ببيعها أن لزم الأمر. و لم تدرك الحكومة أهمية غودارد

و أبحاثه إلا بعد أن فاجئها الاتحاد السوفيتي بإطلاق أول قمر صناعي " سبوتنيك -1" سنة 1957 و ندمت ،على التقصير في واجبها تجاهه، حين لا ينفعها الندم لان السيد غودارد كان قد فارق الحياة نتيجة إصابته بسرطان الحنجرة عشية نهاية الحرب العالمية الثانية عام 1945 ،واضطرت لاستخدام العلماء الألمان و على رأسهم " ثيرنر فون براون" حيث كانت قد جلبتهم من برلين و هم الذين كانوا يشتغلون ،على قدم و ساق، تحت أوامر الفوهرر المباشرة في المانيا.

اشتغل غودارد مع الجيش ولكن في مشروع تطوير الطائرات وعند نهاية الحرب العالمية الثانية قام بفحص صواريخ V-2 التي جلبت من المانيا وقال عنها في مذكراته:" انها صواريخ بدائية و لكنها تحتوي الكثير من مكونات الصواريخ الحديثة".

سنة 1945 علم غودارد انه مصاب بسرطان الحنجرة و علم أن حياته أوشكت على نهايتها و فعلا توفي في نفس السنة و دفن في المدينة التي شهدت ولادته " ورسيستر" بولاية ماساشوسيتس.

بضعة مراجع للاستئناس

"الفضاء الخارجي و استخداماته السلمية" الدكتور بهي الدين عرجون ، سلسلة عالم المعرفة عدد :214 ص17

((2http://www.informatics.org/museum/tsiol.html .

http://www.nso.lt/history/hermann.htm

ذhttp://www.nasa.gov/centers/goddard/about/dr_goddard.html#goddard

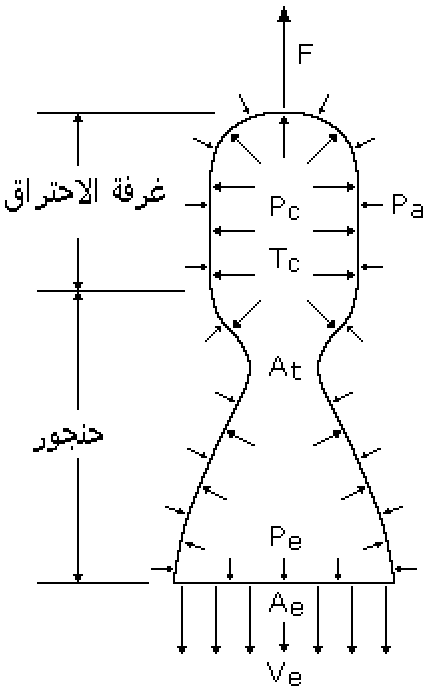
3 الفصل الثالث

مختصر نظرية الصاروخ.

1.3 قانون نيوتن.

ينص القانون الثالث للعالم اسحق نيوتن على أن "كل فعل له رد فعل مساوي له في القدر و معاكس له في الاتجاه'' و هو المبدأ الذي تعتمد عليه الصواريخ و جميع أنواع الأجسام الطائرة .

و ذلك عن طريق احتراق وقود دافع مناسب داخل حجرة الاحتراق في المحرك الصاروخي مما يؤدي إلى إنتاج غازات جد ساخنة و كثيفة تندفع بسرعة كبيرة من حجرة الاحتراق عبر فوهة ضيقة تسمى بالحنجور و هو ما يؤدي إلى ظهور قوة دفع معاكس لاتجاه خروج الغازات ، يتعلق الأمر بنوع من الارتداد ، و يمكن ملاحظة هذه الظاهرة مثلا عند ما يكون أنبوب من الماء متصل بالصنبور فعند فتح الصنبور لكي يخرج الماء من الجهة الأخرى من الأنبوب يلاحظ أن هذا الأخير يرتد إلى الخلف لحظة خروج الماء منه ، بل ان اقرب مثال لهذه الحالة هو حالة البندقية و الرصاصة فعند خروج الرصاصة من فوهة البندقية ترتدد البندقية إلى الخلف وهو شئ معروف عند القناصة.



2.3 الدفع

قوة الدفع هي التي تحرك جميع الأجسام في الفضاء ويمكن قياسها بوحدات مناسبة مثل النيوتن و الكيلوغرام و الباوند و بلغة الفيزياء هي نتيجة الضغط الكبير الناتج عن الغازات داخل غرفة الاحتراق .
الشكل جانبه يبين شكل غرفة الاحتراق مع المنفذ الغازي الضيق (الحنجور) وقيمة الضغط داخل الحجرة قيمة غير متماثلة بحيث تقل قيمته مع الاقتراب من منطقة الحنجور ، بحيث هناك فرق الضغط بين داخل الحنجرة و المحيط الخارجي وهذا الفرق هو المسئول عن إنتاج قوة دفع مناسبة (F) .

لكي يتم تسريع الغازات إلى أقصى سرعة ممكنة يجب تحقيق شرطي الحرارة و الضغط العاليين وذلك عن طريق استعمال وقود ذو طاقة عالية كما يجب أن يكون الوزن المولي للغازات خفيف ما أمكن و كذلك من الضروري تخفيف ضغط الغاز على مستوى الحنجور عن طريق تكبير معدل التوسع الحنجري وهو نسبة مساحة الفوهة A_e إلى مساحة الحنجرة A_t .
و القوة F هي حصيلة القوى المسلطة على الجدران الداخلية بواسطة ضغط الغاز
و الخارجية عن طريق الضغط الجوي و يمكن حساب القوة عن طريق تطبيق معادلة إنحفاظ العزوم و هي كما يلي:

$$F = qV_e + (P_e-P_a)\,A_e.$$

بحيث:

q: كتلة المواد المقذوفة.

P_e: الضغط في غرفة الاحتراق.

P_a: الضغط الخارجي.

A_e: مساحة الفوهة.

V_e: سرعة التدفق الغازي.

3.3 إنحفاظ العزوم.

إن العزم الخطي (p) لنقطة مادية ما يعبر عنه بجداء الكتلة و السرعة كما يلي:

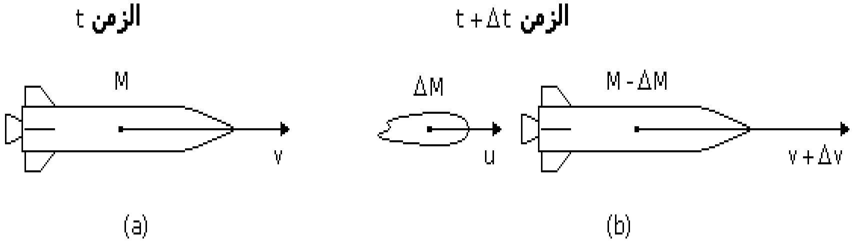
$$P = mv \quad (1.1)$$

و القانون الثاني لنيوتن الخاص بالحركة يقول أن مجموع القوى المسلطة على نقطة مادية يساوي مجموع تغير شدة العزم (P) بدلالة الزمن (t) و تعبيره الرياضي كما يلي:

$$F = dp/dt \quad (1.2)$$

و هو ما يعادل التعبير الرياضي F=ma وهذه تسمى عادة بالعلاقة الأساسية للديناميكا.

وإذا كان لدينا مجموعة من النقط المادية فان عزمها هو مجموع العزوم لكل هذه النقط كل على حدة . وعندما تكون قيمة مجموع القوى المسلطة على مجموعة النقط منعدمة فان قيمة مجموع العزوم تبقى ثابتة وهذا المبدأ يدعي مبدأ إنحفاظ العزوم و سنحاول خلال الفقرات الموالية معرفة كيفية تطبيق هذه المبادئ في مجال الصواريخ .



إذا اعتبرنا جسم صاروخ يسبح في فضاء ذو مجال تجاذبي ومحرك الصاروخ قد اشتغل خلال مدة زمنية قدرها Δt , وخلال هذه المدة, قد فقد كمية من وزنه على شكل غازات مقذوفه بمعدل ثابت و سرعة ثابتة مع افتراض أن القوى الأخرى منعدمة كتأثير الجاذبية و مقاومة الهواء .

و الشكل أسفله (a) يوضح الوضع الذي يكون عليه الصاروخ خلال وحدة الزمن (t) ، حيث انه ذو كتلة (M) (هيكل + وقود) وهو يتحرك وفق سرعة (V) وخلال المدة الزمنية Δt حدثت تغيرات على مستوى الكتلة الكلية للصاروخ حيث انه تم فقدان كتلة مقدار ΔM على شكل غاز مقذوف و انتقل بسرعة u ومن ثم تقلص وزن الصاروخ و أصبح

وزنه $M\text{-}\Delta M$ وسرعته أصبحت $v+\Delta v$ (الوضع (b))

و بما أن القوى الخارجية منعدمة , $dp/dt=0$ يمكن كتابة تعبير العزوم كما يلي:

$$0 = \frac{\Delta P}{\Delta t} = \frac{(P_2 - P_1)}{\Delta t} \qquad (1.3)$$

بحيث :

P2: العزم النهائي عند الحالة (b).

P1: العزم ألبدئي عند الحالة (a) .

و يمكن إعادة كتابة الصيغة أعلاه عن طريق تعويض صيغة العزم P بصيغة mv

لان p=mv و منه:

$$0 = \frac{[(M-\Delta M)(v+\Delta v)+\Delta Mu]-Mv}{\Delta t} \qquad (1.4)$$

و كلما اقتربت المدة الزمنية Δt من الصفر كلما اقتربت $\Delta v/\Delta t$ فرق السرعة من dv/dt و هي صيغة التسارع الخطي الخاص بجسم الصاروخ.

أن ΔM تعبر عن الكتلة الناقصة من الوزن الكلي للصاروخ خلال المدة Δt .

و منه dM/dt ، هي كمية التناقص الكتلي خلال وحدة الزمن و هي قيمة سالبة وفي النهاية فان $\Delta M /\Delta t$ بالقيمة $-\Delta M /\Delta t$.

و الكمية $u-(v+\Delta v)$ تمثل سرعة الكتلة المقذوفة من الصاروخ و مع هذه التغيرات يمكن كتابة المعادلة (1.4) كما يلي:

$$M\left(\frac{dv}{dt}\right) = (u-(v+\Delta v))\left(\frac{dM}{dt}\right), \quad \text{or}$$

$$M\left(\frac{dv}{dt}\right) = V_{rel}\left(\frac{dM}{dt}\right) \qquad (1.5)$$

حيث أن الشطر الأول من المعادلة يتعلق بخصائص الصاروخ أما الشطر الثاني فانه يتعلق بشدة القوة و هي قوة الدفع و هي ناتجة عن الكتلة المادية التي تغادره بسرعة ما، و مصممو الصواريخ بإمكانهم زيادة قوة دفع الصاروخ عن طريق الزيادة في كمية المواد المقذوفة خلال وحدة الزمن وبسرعة اكبر .

في مجال الصواريخ فان العلاقة الأساسية للدفع هي:

$$(1.6) \quad F = qV_e + (P_e - P_a) A_e$$

كما تمت الإشارة إليه فان q كتلة المواد المقذوفة. P_e الضغط في غرفة الاحتراق. P_a الضغط الخارجي. A_e مساحة الفوهة. V_e سرعة التدفق الغازي.كما أن الجداء qV_e الذي يتم باشتقاقه فيما يلي ، يسمى بالعزم أو السرعة، و الجداء A_e $(P_e + P_a)$ يسمى بقوة الدفع الناتجة عن الضغط الغير المتوازن على مستوى الفوهة , كما سنرى لاحقا فان القوة القصوى لا تتحقق إلا عندما يكون $(P_e = P_a)$

يمكن تبسيط المعادلة أعلاه عن طريق إعطاء تعريف لسرعة الغاز, C ,

$$(1.7) \qquad C = Ve + \frac{(Pe-Pa)\,Ae}{q}$$

و المعادلة (6.1) تختزل على شكل:

$$(1.8) \quad F = q$$

4.3 النبض و العزم

خلال الفقرة السابقة رأينا كيف يتم تعبير القانون الثاني بالشكل الرياضي : $F = dp/dt$
بضرب طرفي المعادلة في المعامل dt و اشتقاقها من الزمن t_1 الى الزمن t_2 , فان المعادلة تصبح على شكل :

$$F\,dt = dp$$

$$(1.9)\quad \int F\,dt = p_2 - p_1 \rightarrow p_1 + \int F\,dt = p_2$$

و التكامل هنا هو عبارة عن متجهة تمثل النبض الخطي , او النبض ببساطة، الخاص بالقوة F خلال الزمن t فالمعادلة هنا تبين انه عند تطبيق قوة F على نقطة مادية خلال مدة زمنية ما فان العزم النهائي $P2$ يحدد بإضافة العزم ألبدئي $P1$ و نبض القوة F خلال هذه المدة.

عندما تطبق مجموعة من القوى على نقطة مادية ما اثنا ء دراستها فانه يجب الأخذ بعين الاعتبار نبض كل قوة على حدة وعندما تكون مجموعة من النقط المادية قيد الدراسة فانه يتم استخدام المجال ألمتجهي للعزوم لكل نقطة و مجموع النبضات الخاصة لكل نقطة و هو ما يمكن التعبير عنه رياضيا بالصيغة :

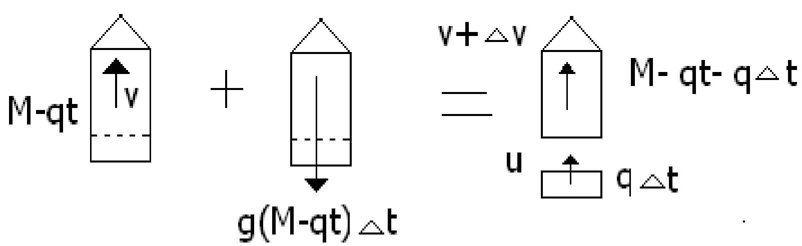
$$(1.10)\qquad P_2 = P_1 + \Sigma \int F\,dt$$

بالنسبة لمدة زمنية Δt يمكن إعادة صياغة المعادلة أعلاه كما يلي :

$$(1.11)\qquad P_2 = P_1 + \Sigma(F\Delta t)$$

سنحاول في الفقرة الموالية معرفة كيف يتم تطبيق ما سبق من مبادئ و معادلات و مفاهيم العزوم و النبض الخاص في مجال الصواريخ .

نعتبر صاروخ ذو كتلة بدئية M يتم إطلاقه إلى فوق بشكل عمودي عند لحظة زمنية $t=0$.
يستهلك وقودا وفق معدل ثابت q و يتم طرده وفق سرعة ثابتة Ve تتعلق بالصاروخ. عند اللحظة t يصبح وزن الصاروخ مع الوقود المتبقي M-qt وسرعته v . خلال الحيز الزمني الذي مقداره Δt فان كمية من الوقود وزنها qΔt تكون قد نفذت ، من اجل تحديد سرعة انطلاق الغاز من جسم الصاروخ نقوم بتطبيق مبدأ النبض و العزم بين المدة t و المدة Δt+t . كما تجب ملاحظة أن الاشتقاق لا يأخذ بعين الاعتبار مقاومة الهواء الناتجة عن حركة الصاروخ.



ويمكن التعبير عن الشكل التوضيحي بما يلي:

(1.12)
$$(M-qt)v-g(M-qt)\Delta t= (M-qt-q\Delta t)(v+\Delta v)+q\Delta t u$$

سنقوم بالقسمة على Δt و تعويض $u-(v+\Delta v)$ بالقيمة Ve , و هي سرعة المواد المقذوفة على شكل غازات . و عندما تقترب Δt من الصفر تكون المعادلة السابقة اصبحت على الشكل :

$$(1.13)\ - g(M.qt) = (M-qt)(dv/dt)-qVe$$

عند عزل المتغيرات و إجراء الحساب التكاملي من الحالات التي تكون فيها $t=0$ و $v=0$ الى الحالة التي تكون فيها $t=t$ و $v=v$ تكون المعادلة على شكل :

$$\int dv = \int (qVe / (M-qt).$$

و هي تساوي المعادلة الآتية:

$$(1.15) \qquad v= Ve\ Ln(M/(M-qt))-gt$$

إن الحد gt– في المعادلة (1.5) ناتج عن تأثير جاذبية الأرض نحو الأسفل .
كما انه من الأحسن التعبير عن تغير السرعة Δv وتصبح المعادلة أعلاه على شكل :

$$(1.16) \qquad \Delta v = Ve\ Ln(M / (M-qt))$$

لا بد من ملاحظة أن الكتلة M تعبر عن الوزن ألبدئي و الصيغة M-qt تعبر عن الوزن النهائي للصاروخ ومنه يمكن كتابة المعادلة (1.16) كما يلي:

$$\Delta v = Ve \ Ln \ (m_o/m_f) \quad (1.17)$$

عادة ما يسمى mo/mf بمعدل الكتلة .وتسمى المعادلة (1.17) بمعادلة تسيولكوفسكي (1857-1935) الخاصة بالصواريخ و هو عالم روسي يعتبر بحق من رواد علم الصواريخ و هو أول من قام باشتقاقها و لذلك سميت باسمه.
في مجال التطبيق يعوض المعامل Ve بسرعة الغاز C الطاردة من الحنجور و منه تصبح المعادلة (1.17) كما يلي:

$$\Delta v = C \ Ln(m_o/m_f) \quad (1.18)$$

أو كتابتها بطريقة بديلة :

$$m_f = m_o e^{-(\Delta V/C)} \quad (1.19)$$

$$m_o = m_f e^{(\Delta V/C)} \quad (1.20)$$

المعامل e ثابت رياضي يساوي 2.71828 = e .
بالنسبة لكل الأجسام الطائرة فانه من الضروري معرفة مدة الاحتراق على مستوى المحرك من اجل معرفة التغير الطارئ على مقدار السرعة وتستعمل المعادلة أسفله بعد ترتيب العوامل :

$$t = \frac{m_o}{q}\left[1 - \frac{1}{e^{(\Delta V/C)}}\right] \quad (1.21)$$

5.3 الاحتراق و سرعة التدفق.

أثناء تفاعل الاحتراق تبقى كتلة كل عنصر ثابتة , نعتبر المعادلة التفاعل الكيمائية الخاصة بتفاعل غاز الميثان مع الأوكسجين

$$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O.$$

من اجل تفاعل كيمائي تام و متوازن فان المعادلة الكيمائية تبين أن واحد مول من غاز الميثان تتفاعل مع اثنان مول من غاز الأوكسجين لتعطي مول واحد من أكسيد الكربون
و اثنان مول من الماء و هذا معناه أيضا أن 16 غرام من الميثان تتفاعل مع 64 غرام من الأوكسجين لتكوين 44 غرام من أكسيد الكربون و 36 غرام من الماء و نلاحظ أن مجموع وزن المتفاعلات و النواتج متساويان (80 غرام لكل طرف).
من المهم الإشارة أن وقود الصاروخ يجب أن يكون مشبع من ناحية المؤكسد من اجل تحقيق مردودية اكبر أي أن نسبة المؤكسد إلى المختزل يجب أن تكون اكبر من واحد.

نعتبر معادلة تفاعل الكيروسين مع الأوكسجين(1) :

$$C_{12}H_{26} + 12.5\ O_2 \rightarrow 12\ CO + 13\ H_2O.$$

فالوزن المولي للكيروسين هنا يساوي 170 لأنه لدينا 12 ذرة كربون ووزنها الذري هو 12 ومنه 12x12=144 وعندنا 26 ذرة هيدروجين ووزن ذرة الهيدروجين هو 1 و منه 26*1 = 26 و بالتالي نقوم بجمع العددين 26+144= 170 و الوزن المولي للأوكسجين يساوي 32 لان الوزن الذري للأكسجين يساوي 16 و

عندنا ذرتي منه وبالتالي 32=2x16 ويمكن حساب نسبة المؤكسد إلى المختزل كما يلي:
مؤكسد /مختزل: (32x12.5)/170 = 2.35.

و هي نسبة مثالية بالنسبة لمحرك صاروخ يشتغل بالكيروسين.
وفي حقيقة الأمر هذه المسألة تتعلق بالغرض من المحرك بحيث ان النسب العالية من المؤكسد تزيد من حجم الخزان و بالتالي وزن المحرك و العكس صحيح أي ان نسبة منخفضة من المؤكسد يكون المحرك خفيف و المهمة المراد انجازها هي التي تحدد وزن المحرك وبالتالي تحدد نسبة المؤكسد الواجب استخدامها حيث يتم عادة التضحية بميزة في سبيل أخرى تكون ذات أولوية في الغرض من إطلاق الصاروخ.
لقد تمت الإشارة سابقا ان نبض القوة مساوي لجداء كتلة المواد المتدفقة و سرعة تدفقها من الحنجور .و السرعة المذكورة معبر عنها بالصيغة الرياضية التالية:

$$V_e = \sqrt{\left(\frac{2k}{k-1}\right)\left(\frac{R'T_c}{M}\right)\left(1-\left(\frac{P_e}{P_c}\right)^{(k-1)/k}\right)} \qquad (1.22)$$

بحيث:

k: معدل الحرارة الخاصة.
R': الثابتة العالمية للغازات و هي تساوي : 8.314.51 نيوتن-متر/كغ-مول.في النظام العالمي للوحدات.
T_c: حرارة الاحتراق.
M: معدل الوزن المولي للغازات الناتجة.
P_c: ضغط حجرة الاحتراق.
P_e: الضغط عند فوهة الحنجور.

الحرارة الخاصة(2) تتغير بتغير تركيبة و حرارة الغازات العادمة من المحرك.
و حرارة اللهب هنا تتراوح مابين 2500 إلى 3600 سيلسيوس و يتراوح ضغط حجرة الاحتراق مابين 7 إلى 250 ضغط جوي (اطموسفير).
Pe يساوي عادة قيمة الضغط الجوي الذي يشتغل فيه المحرك الصاروخي .
من خلال المعادلة رقم (1.22) يتبين أن ادوار ضغط و حرارة حجرة الاحتراق و انخفاض الوزن المولي للغازات العادمة أو المقذوفة تتجلى في السرعة الفائقة التي تخرج بها هذه الغازات. و بالتالي تكون القوة الدافعة الناتجة كبيرة . وهو ما يبين أفضلية الهيدروجين السائل كوقود للمحركات الصاروخية.
كما تجب ملاحظة انه أثناء عملية الاحتراق يحدث نوع من التفكك الجزيئي على مستوى المواد الناتجة فالحرارة تفكك الجزيئات المركبة إلى جزيئات أكثر بساطة غير أنها سرعان ما تعود لتتحد من جديد.
في تفاعل الكيروسين مع غاز الأوكسجين تكون المتفاعلات الأولية في حالة توازن مع الجزيئات الناتجة مثل : C , CO, .
CO_2, H, H_2O, HO, O, O_2
و هذا التفكك الجزيئي له تأثير على حرارة التفاعل.

(1). الصيغة الكيمائية للكيروسين هي:$C_{12}H_{26}$ و يسمى عادة في الكيمياء بالاوكتان.
(2).الحرارة الخاصة بمادة ما هي الحرارة الضرورية للرفع من سخونتها بدرجة واحدة لواحد غرام من هذه المادة .

6.3 النبض الخاص.

يقصد بالنبض الخاص , *Isp,* للمحرك الصاروخي النسبة التي تكون لقيمة الدفع إلى معدل كتلة المواد المتدفقة من الحنجور وبصيغة رياضية يكتب على شكل:

$$I_{sp} = F/qg \quad (1.23)$$

بحيث :

F: قوة الدفع الناتجة .
q: معدل كتلة الغازات المقذوفة أو الطاردة.
g: شـدة جاذبية الأرض: 9.8 نيوتن.

وحدة النبض الخاص يعبر عنها بالثانية (s) .فعندما تكون قوة الدفع و كتلة التدفق ثابتتين طوال مدة احتراق الوقود , فان النبض الخاص هنا هو نفس مدة احتراق الوقود و الذي يعطي قوة دفع مساوية لوزن هذا الوقود المستهلك,

تتغير قيمة النبض الخاص لمحرك ما وفق الظروف التي يشتغل فيها فقيمته عند سطح البحر حيث يكون الضغط قصويا تختلف عن قيمته في الفراغ حيث يكون الضغط يساوي صفر لان الضغط المحيط عامل داخل في معادلة الدفع ولكي تكون الحسابات أكثر دقة تجب الإشارة إلى مكان التجربة هل يتعلق الأمر بقيمة نبض خاص فوق سطح البحر أو في ظروف الفراغ.

هناك العديد من الخسائر من حيث المردودية داخل المحرك و أهمها تلك المرتبطة بعدم كفاية تفاعل ألاحتراق و أخرى ناتجة عن تصميم الحنجور وكذلك عن المضخات الدافعة ،إن تعلق الأمر بمحرك ذو وقود سائل، و كل هذه العوامل تنقص من قيمة النبض الخاص .

و هو ما يجعل قيمته الحقيقية او الواقعية اقل من تلك المستخرجة من الحساب النظري الصرف.
من خلال المعادلة (1.8) يمكن تعويض القوة F بقيمتها في المعادلة (1.23) كما يلي:

$$F = qc \Rightarrow \quad Isp = F/qg$$
$$Isp = qc/qg \Rightarrow Isp = C/g$$

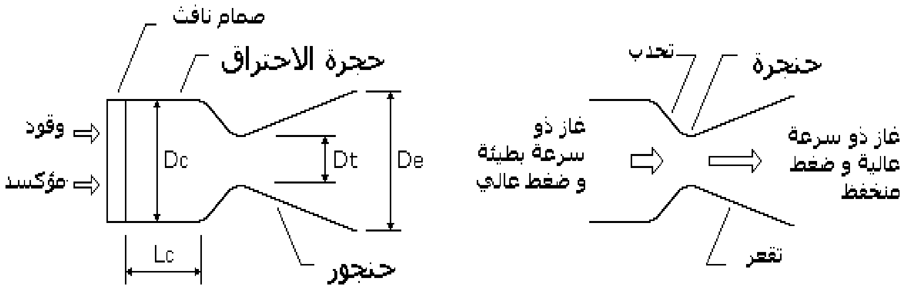
$$C = I_{sp}\, g \qquad (1.24)$$

المعادلة (1.24) تستعمل بشكل أساسي في حل المعادلة (1.18) عبر المعادلة (1.21) بحيث من النادر الحصول على قيمة C بشكل مباشر و لكن النبض الخاص لمحرك ما يسهل عملية حسابه كما رأينا .

7.3 المحرك و الحنجور.

يتكون محرك نموذجي عادة من حجرة احتراق و حنجور و صممات نافثة بالنسبة لمحرك يشتغل على الوقود السائل أما المحرك ذو الوقود الصلب فانه ليس في حاجة لمصممات نافثة.
وحجرة الاحتراق هي المكان المخصص لتفاعل الاحتراق الذي يتم بين الوقود و المؤكسد ومن ثم يجب أن تكون من القوة و المتانة ما يجعلها تتحمل الضغط و الحرارة العاليين ، و نظرا لهذه الظروف يتم لحق معدات بالمحرك قصد تبريدها مع الحنجور. كما يجب ان تكون كافية من حيث الحجم لكي يكون هناك تفاعل احتراق كامل.

يتمثل دور الحنجور في تحويل الطاقة الحرارية –الكيميائية الناتجة عن تفاعل الاحتراق داخل الحجرة إلى طاقة حركية ، إنها تقوم بتحويل غاز ذو ضغط و حرارة عاليين و سرعة منخفضة إلى غاز ذو سرعة عالية و ضغط منخفض . و قوة الدفع الناتجة هي في الأصل جداء كتلة الغاز و سرعته . وسرعة الغاز مطلوبة هنا بهدف



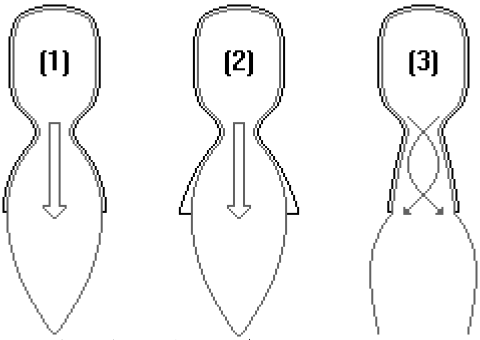
الزيادة في قوة الدفع .

الحنجور عبارة عن التقاء تحدب و تقعر . او بتعبير أخر هو التقاء مخروطين متقابلين على مستوى قاعدتيهما الصغيرتين و المنطقة الضيقة (عنق الزجاجة) تسمى بالحنجرة ، و النهاية الحنجور تسمى بالفوهة و عادة ما تكون هذه الأخيرة محسوبة من حيث المساحة لان ضغط الغاز الخارج يجب أن يساوي ضغط الجو المحيط بالصاروخ ، $P_a = P_e$.

عندما تكون قوة الدفع قصوية يكون توسع الحنجور ملائم . وعندما يكون الضغط الخارجي اكبر من الضغط الغازي P_a اكبر من P_e نقول أن هنا ك توسع بتفريط و عندما يكون P_a اصغر من P_e نقول هناك توسع بإفراط.

ونسبة التوسع كما تمت الإشارة إليه هي نسبة مساحة الفوهة على مساحة الحنجرة : A_e/A_t

من خلال ما سبق يتبين أن في تصميم الحنجور يتم مراعاة الظروف الضغطية التي سيشتغل فيها الصاروخ و على كل الأحوال فان تصميم الحنجور الخاص بالضغط الجوي على سطح الأرض (0.1ميكا باسكال) . يختلف عن تصميم الحنجور الذي يشتغل خارج فضاء الأرض.



في الأشكال جانبه توضح شدة التوسع
و تأثيرها على الخروج الغازي ،
*الحنجور رقم :1 ذو توسع ملائم محيط بشكل كامل بالمغزل الغازي
*الحنجور رقم : 2 فهو ذو توسع بإفراط فالمغزل الغازي اصغر من حيث الحجم من الحنجور ، *الحنجور رقم :3 اصغر من حجم المغزل الغازي الناتج و بالتالي يتشكل هذا الأخير خارج الحنجور
و هو ما يؤدي الى فقدان كمية من الطاقة الدافعة .
بالنسبة لمساحة الحنجور هناك معادلة تمكن من تحديدها
انطلاقا بتحديد مجموعة من العوامل و خصوصا معدل التدفق الغازي و المعادلة هي:

$$A_t = \frac{q}{P_t} \sqrt{\frac{R'T_t}{Mk}} \qquad (1.25)$$

بحيث:

A_t: مساحة الفوهة

q:معدل التدفق الغازي

P_t: ضغط الغاز على مستوى الفوهة.

R': الثابتة العالمية للغازات.

T_t: حرارة الغاز على مستوى الفوهة.

k:معدل الحرارة الخاصة.

M: معدل الوزن المولي للغازات الناتجة

كما ان العامل P_t و T_t يتم التعبير عنهما وفق المعادلتين كما يلي:

$$P_t = P_c\left(1+\frac{k-1}{2}\right)^{-k/(k-1)} \qquad (1.26)$$

$$T_t = \frac{T_c}{\left(1+\frac{k-1}{2}\right)} \qquad (1.27)$$

بحيث :

P_c: ضغط حجرة الاحتراق.

T_c : حرارة الالتهاب داخل حجرة الاحتراق.

8.3 عدد ماخ.

يقصد به عادة نسبة سرعة جسم ما إلى سرعة الصوت في المنطقة المحيطة بهذا الجسم و في حالة محركات الصواريخ هي نسبة سرعة الخروج الغازي من الفوهة إلى نسبة سرعة الصوت في الظروف المحيطة بالمحرك. و يمكن التعبير عنه عن طريق استعمال عبارة تمدد الغازات الكاملة كما يلي:

$$N_m^2 = \left(\frac{2}{k-1}\right)\left[\left(\frac{P_c}{P_a}\right)^{(k-1)/k}-1\right] \qquad (1.28)$$

بحيث:

P_a: الضغط المحيط .

A_e: مساحة الفوهة .

كما يمكن كتابة تعبير مساحة الفوهة بدلالة عدد ماخ وفق المعادلة الرياضية التالية:

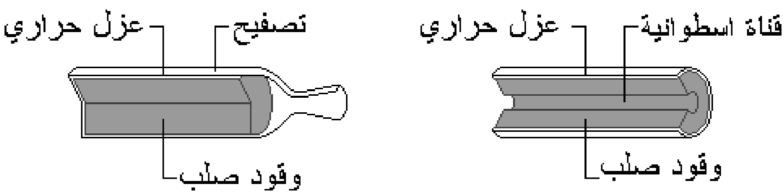
$$A_e = \left(\frac{A_t}{N_m}\right)\left[\frac{1+\left(\frac{k-1}{2}\right)N_m^2}{(k+1)/2}\right]^{\left(\frac{k+1}{2(k-1)}\right)} \qquad (1.29)$$

يحدد معدل التمدد الحنجوري عادة بقسمة مساحة الفوهة Ae على مساحة الحنجرة At .

عند إجراء الحسابات المتعلقة بالمسار الذي يتبعه صاروخ ما يتم أيضا تحديد ضغط الخروج الغازي المثالي لكن دون أن تتجاوز مساحة الفوهة القدر المسموح به لان أي زيادة في مساحتها سيؤدي إلى الزيادة المجانية في كتلة محرك الصاروخ و خصوصا عندما يكون الصاروخ متعدد المراحل بحيث يجب أن تكون مساحة الفوهة الخاصة بالمحرك المرحلة العلوية اصغر من مساحة فوهة محرك المرحلة السفلية ، فبالنسبة لمحركات الصواريخ التي تشتغل في الفضاء تحت ظروف انعدام الضغط الجوي هناك، فان القوة الناتجة تزداد باطراد مع مساحة الفوهة ، وهو ما يدفع المصممين إلى الزيادة في معدل التمدد عن طريق زيادة في مساحة الفوهة إلى الحدود الحرجة التي تكون فيها أي زيادة في المساحة تؤدي بشكل تلقائي إلى إضعاف مردوديته.

9.3 الوقود الصلب.

كما سبقت الإشارة إليه فان المحركات التي تشتغل بالوقود الصلب ليست في حاجة سواء لأنظمة الضخ العالية القدرة و لا لأنظمة التبريد ،فقوالب الوقود الصلب هنا تكون داخل حجرة الاحتراق ثم يتم إشعالها عن طريق تفجير صاعق مناسب يوضع في تجويف الاسطوانة ، ومن ثم بداية المحرك في الاشتغال ، و الهندسة الداخلية لقوالب الوقود الصلب لابد لها أن تلعب دورا هاما في تحديد قوة الدفع و مدة الدفع و توزيع شدة الدفع على وحدة الزمن. بطبيعة الحال اعتبارا للهدف من إطلاق الصاروخ أو إجراء تجربة الاختبار السكوني على المحرك. بحيث أن توزيع القوة خلال مختلف مراحل الاحتراق يكون وفق الشكل الهندسي لقوالب الوقود كما هو موضح في الرسم أسفله:



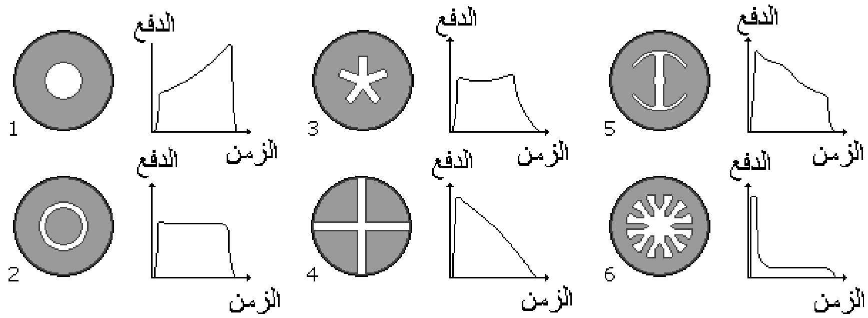
بحيث أن الاحتراق يبدأ من القناة الاسطوانية باتجاه محيط الاسطوانة و المساحة البدئية للاحتراق تحدد شدة الدفع بحيث أن العلاقة بين مساحة الاحتراق البدئية ومساحة الاحتراق النهائي تحدد العلاقة بين شدة القوة البدئية و شدة القوة النهائية أو هناك علاقة تناسب بين الطرفين بحيث أن نسبة المساحة البدئية إلى المساحة النهائية تساوي نسبة القوة البدئية إلى القوة النهائية و يكون تعبيرها الرياضي كما يلي:

$$S_i/S_f = F_i/F_f \quad (1.29a)$$

بحيث:

S_i: المساحة البدئية .
S_f: المساحة النهائية.
F_i: القوة البدئية.
F_f: القوة النهائية.

يتم تصنيع قوالب الوقود الصلب وفق أشكال هندسية موحدة سنقتصر هنا على الأشكال الأكثر شيوعا و مناقشة كل شكل على حدة:



الشكل (1): القناة الاسطوانية، تعطي قوة تزايدية باضطراد مع مدة الاحتراق ثم سقوط سريع في قيمة القوة حال توقف الاحتراق.

الشكل (2): ثقب حلقي، تكون فيه القوة الناتجة ثابتة طيلة مدة الاحتراق ثم رجوع القوة للقيمة الصفر حال ما يتوقف الاحتراق ، و يلاحظ ان المنحنى مربعي أي أن المدة التي يبلغ فيها قيمته القصوية تساوي المدة التي يعود فيها من القوة القصوية إلى القيمة الصفر، و يرجع ذلك لكون الاحتراق يحدث في منطقتين مختلفتين

في نفس الوقت بحيث يتجه من الحلقة إلى مركز العمود الوسطي كما يتجه من الحلقة نحو المحيط الخارجي للاسطوانة.

الشكل (3): النجمة الخماسية، تعطي قوة ثابتة مع تقعر خفيف نحو الداخل في الوسط و هو ما يلاحظ كذلك على مستوى منحنى الهبوط و الاحتراق يبدأ كما هو ملاحظ على مستوى خمس نتوءات متجهة نحو المركز .

الشكل (4): المتصالب، ينتج قوة كبيرة في اللحظة الأولى للاحتراق ثم تبدأ في التناقص التدريجي بحيث أن المنحنى مثلثي الشكل لان الاحتراق يبدأ في ثمانية واجهات في نفس الوقت.
الشكل (5): سنارة مزدوجة، خصائص القوة الناتجة تشبه إلى حد ما خصائص الحالة السابقة تبدأ قصوية ثم هبوط متذبذب لكن هناك هبوط سريع للقوة في الأخير.

الشكل (6): الترس، يعطي كامل قوته في اللحظة الأولى للإشعال ثم هبوط مفاجئ إلى حدود قيمة معينة ليستمر على نفس الوتيرة طيلة مدة الاحتراق و شكل المنحنى هنا يسمى في الرياضيات بالشلجم و يفسر هذا كثرة مساحات الاحتراق.

10.3 معدل الاحتراق .

معدل الاحتراق يطلق عادة في علم الصواريخ على سرعة احتراق الوقود أو كمية الوقود المحترقة خلال وحدة الزمن و عادة ما تكون وحدتها بالميليمتر على الثانية، وهو عامل يتعلق بمكونات الوقود من جهة، و بالظروف الخارجية التي تتم فيها عملية الاحتراق. و على كل حال فان التصميم الناجح لمحرك الصاروخ يقتضي معرفة معدل الاحتراق
و سرعته. كما سبقت الإشارة فان هناك عوامل تؤثر في معدل الاحتراق ومن بينها مثلا ضغط حجرة الاحتراق، الحرارة البدئية للوقود الصلب ، سرعة خروج الغازات الناتجة و المارة على مساحة الاحتراق ، الضغط الخارجي ، التسارع الخطي أو الزاوي للمحرك هذه بعض الأمثلة و ليست على سبيل الحصر سنحاول مناقشة كل منها على حدة.

- فيما يتعلق بالتأثير الذي يمارسه ضغط حجرة الاحتراق يمكن وصفه وفق علاقة رياضية تسمى قانون " سان روبير " و هي كما يلي :

$$r = a P_c^n \qquad (1.30)$$

بحيث:

r: معدل الاحتراق
a: معامل الاحتراق
P_c: ضغط حجرة الاحتراق
n: رتبة قدر الضغط الخارجي .

فيما يخص القيم a و n يتم تحديدها عن طريق التجربة لأنها عوامل تتعلق بمكونات الوقود الصلب ومن اجل إعطاء مثال أكثر وضوحا نجري حساب بسيط ونعطي بعض القيم العددية للعوامل التالية : a=5.609 و n=0.35 و 4.3 = MPa
ومنه :

r=5.609*4.3 exp 0.35 = 9.345 mm/s

إذن سرعة الاحتراق هنا تساوي 9.345 مم/ث.

- للحرارة دور فعال في زيادة سرعة أي تفاعل كيميائي ، تفاعل الاحتراق هنا يتأثر بالحرارة البدئية للوقود الصلب ومنه تزيد سرعة الاحتراق بشكل طردي مع ارتفاع الحرارة، و لابد من الأخذ بعين الاعتبار لهذا العامل خصوصا عندما تكون درجة الحرارة المحيطة منخفضة في فصل الشتاء مثلا أو في المناطق الجليدية .

- أثناء الاحتراق يتم إنتاج غاز يمر بطبيعة الحال بجوار مناطق الاحتراق و هو ما يزيد كذلك من سرعة التفاعل و كلما كانت سرعة الغاز كبيرة كلما زادت سرعة التفاعل، و الغاز هنا يلعب دور الحاث ، أو ما يسمى الاحتراق ألحثي. في بعض الظروف الخاصة بمكونات الوقود الصلب و ضغط حجرة الاحتراق قد يلعب هذا الغاز دور المثبط أي ينقص من سرعة الاحتراق.

  وفي حقيقة الأمر يمكن الإنقاص من التأثير الغازي على سرعة الاحتراق عن طريق الزيادة في النسبة بين مقطع الحنجرة و مقطع الفوهة.

- أثناء اشتغال المحرك تتناقص قيم الضغط بشكل تدريجي انطلاقا من فوق إلى تحت ،غير أن قيمة السرعة الغازية تسجل ارتفاعا تدريجا في الاتجاه المعكوس ، أي أن قيمة السرعة تتناسب باضطراد عكسي مع قيم الضغط على طول المحرك و هي الوضعية المسئولة عن توليد قوة الدفع لدى المحرك و يمكن تفسير هذا بطريقة أخرى :عندما تكون قيمة السرعة قصوية فان قيمة الضغط تكون دنوية و عندما

تكون السرعة دنوية أو منعدمة فان الضغط يكون في أقصى حالاته .

- كما أن سرعة الاحتراق يمكن أن تتأثر بتسارع المحرك عندما يكون في حالة طيران و هذا التسارع قد يكون خطيا و قد يكون زاويا لان متجهة التسارع تشكل زاوية من °60 إلى °90 درجة على مساحة الاحتراق و هو ما يؤدي إلى إنقاص من قيمة الحث الذي اشرنا إليه أعلاه.

في بعض الأحيان تكون هناك حاجة ماسة إلى تغيير معدل الاحتراق تبعا للشكل الهندسي لقالب الوقود الصلب ، فمثلا إذا كان الأمر يتعلق بقالب مغلق (ليس له ثقب وسطي) بحيث يبدأ الاحتراق من الأسفل صعودا إلى فوق فانه من الأفضل الرفع من معدل الاحتراق هنا ،لان مساحته صغيرة نسبيا، و ذلك عن طريق استعمال مواد تكون مسحوقة أو مطحونة و مخلوطة جيدا و هذا بهدف الزيادة في سرعة الاحتراق لتعويض النقص الحاصل في مساحة الاحتراق ،

كما أن هناك طرق متعددة لإنقاص معدل الاحتراق منها مثلا الزيادة في حجم حبيبات المؤكسد و المختزل ، أو الإنقاص من النسبة المئوية للمختزل ، كما يمكن إضافة بعض المحفزات أو المثبطات داخل تركيبة الوقود ، أو تشغيل المحرك في ظروف ضغطية متباينة ، و كل هذه العوامل تتم كما يلي:

- يتعلق تأثير حجم الحبيبات على معدل الاحتراق بنوعية المؤكسد ، فالوقود الذي يستعمل فيه بيركلورات الامونيوم على شكل حبيبات كبيرة تتناقص سرعة احتراقه بشكل ملحوظ .

- إن اغلب أنواع الوقود الصلب تتأثر فيه سرعة الاحتراق بنسبة المؤكسد/المختزل و لكن لا ينصح عادة بتغير النسبة التي يكون فيها أداء المحرك جيد من اجل تغير سرعة الاحتراق.

- إن أحسن وسيلة لزيادة سرعة الاحتراق ،لتحقيق الأهداف المتوخاة ،هي إضافة محفزات كيماوية أو فيزيائية إلى مكونات الوقود الصلب تضاف بكميات قليلة وهناك أيضا المثبطات التي تنقص من سرعة الاحتراق .

- بالنسبة للوقود الخاضع لقانون "سان روبير" يجب تصميم محرك يكون فيه ضغط الحجرة دنويا لكي يتم إنقاص سرعة الاحتراق و لكن هذا الإجراء يؤدي إلى إنقاص من مردودية المحرك من حيث النبض الخاص و النبض الكلي.

11.3 معدل إنتاج المواد .

يقصد به عادة كمية المخلفات التي تظهر داخل غرفة المحرك خلال مدة الاحتراق، و يتم التعبير عن صيغته الرياضية بدلالة سرعة التناقص في كمية الوقود الصلب خلال الزمن و ذلك وفق المعادلة التالية:

$$q = \rho_p A_b r \quad (1.31)$$

بحيث:

q: معدل التكون على مساحة الوقود الصلب.

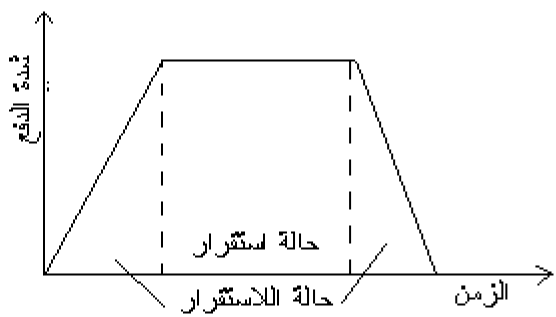
P_p: كثافة الوقود الصلب.

A_b: مساحة الاحتراق.

r: معدل الاحتراق .

انه لمن المهم ملاحظة أن المواد المتكونة أو المتخلفة عن الاحتراق تتكون من مواد غازية و أخرى في طور التكاثف أو التصلب ،و هذه الأخيرة لا تساهم في خلق أي ضغط في حجرة الاحتراق و لكنها تساهم ، بفعل سرعتها و كتلتها، في خلق قوة الدفع حسب القانون الثالث لنيوتن .

12.3.ضغط الحجرة



من خلال المنحنى الخاص بضغط حجرة الاحتراق يتبين أن هناك طورين تمر منها الحجرة أثناء عملية الاحتراق :الطور الأول يبتدئ منذ تشغيل المحرك حيث يبدأ الضغط في الارتفاع إلى أن يصل مرحلة قصوية ، ثم يستمر على نفس الوتيرة إلى أن ينتهي الوقود الصلب ، و تسمى مرحلة الاستقرار، ثم يبدأ الضغط في الهبوط إلى أن يعود كما كان في السابق و هاتين المرحلتين الأولى و الثالثة تسميان مرحلة أللاستقرار.

و في واقع الأمر هناك عوامل كثيرة تساهم في تشكيل المنحنى الخاص بالضغط داخل حجرة الاحتراق و على رأسها الشكل الهندسي لقوالب الوقود الصلب كما اشرنا إلى ذلك سابقا، ثم هناك الشكل الخاص بالحنجرة و شدة الصقل و النعومة التي تتميز بها الحنجرة بصفة عامة.

13.3 مراحل الصاروخ

يتم بناء الصواريخ ذات مراحل متعددة بهدف بلوغ مسافات بعيدة بتكلفة اقل، بحيث يتم تركيب عدة مراحل بعضها فوق بعض و تكون كل مرحلة سفلى قادرة على إعطاء قوة دفع كافية لحمل كل المراحل التي فوق و هكذا، و عند نفاذ الوقود منها يتم فصلها، ثم تشغيل المرحلة التي فوق، وتتكون كل مرحلة من خزان للوقود و غرفة احتراق، يتم فصلها جميعا كما قلنا.

يتم معالجة الصاروخ ذو المراحل المتعددة بنفس طريقة معالجة الصاروخ ذو المرحلة الواحدة و خصوصا ما يتعلق بمعادلة السرعة بحيث يتم تطبيقها على كل مرحلة على حدة بحيث تزيد سرعة الصاروخ عند فصل كل مرحلة بمقدار ΔV_i وهو مقدار السرعة الإضافية التي يحققها الصاروخ :

$$\Delta V_i = C_i LN\left(\frac{m_{oi}}{m_{fi}}\right) \qquad (1.33)$$

بحيث:

v_i: السرعة المرحلية التي يسير بها الصاروخ .

c_i: سرعة خروج الغاز المرحلية.

Ln: اللوغاريتم النيبيري.

m_{oi}: كتلة الصاروخ المرحلية.

m_{fi}: كتلة الصاروخ قبل انفصال المرحلة السابقة .

كما تجب الإشارة إلى أن كتلة مرحلة ما يقصد بها كتلة جميع المراحل التي فوق، و السرعة الكلية للصاروخ هي مجموع سرعات كل مرحلة على حدة وتكون معادلة السرعة الكلية كما يلي:

$$\Delta V_{total} = \sum_{i=1}^{n} \Delta V_i \qquad (1.34)$$

و على كل حال فان المرحلة السفلى يجب أن تكون اقوى من تلك التي فوق.
المرحلة العلوية تكون اصغر حجما و اخف وزنا من التي تحتها .
كما أن المراحل المتساوية يجب أن تعطي سرعات متقاربة .

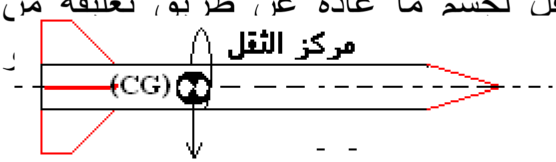
الفصل 4

4. ديناميكية طيران الصاروخ.

مما لا شك فيه ان توازن الصاروخ عند طيرانه مسالة حاسمة في نجاحه للوصول إلى هدفه (بغض النظر عن طبيعته) ، و لتحقيق هذا الغرض يجب التحكم في عنصرين أساسيين وهما: مركز الثقل (**CG**) و مركز الضغط (**CP**).

4.1 مركز الثقل:

يتم تحديد مركز الثقل لجسم ما عادة عن طريق تعليقه من

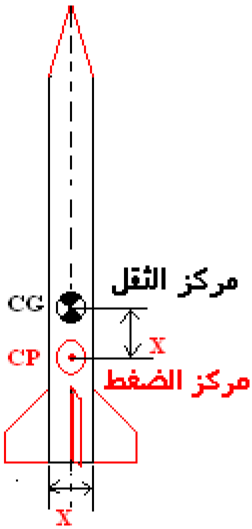


المكان الذي يكون فيه

كما هو ملاحظ فانه

غالبا ما يكون في وسط المنطقة الخلفية للصاروخ ، و ذلك لكون المحرك وما يحتويه من مواد يشكل اغلب وزن الصاروخ وخصوصا قبل عملية الانطلاق، لان بعد عملية الانطلاق تبدأ مواد الوقود الصلب في الاحتراق و من ثم التناقص لكي ينزاح مركز الثقل الصاروخي قليلا نحو الوسط عندما تختفي كتلة الوقود الصلب كلية بفعل الاحتراق .

2.4 مركز الضغط:



أما مركز الضغط فيقصد به عادة النقطة التي تتساوى عندها القوة التي يطبقها التيار الهوائي على رأس الصاروخ مع القوة التي يسلطها على الأجنحة اثناء طيرانه ، و مكان هذه النقطة متغير و ذلك حسب الزاوية التي يشكلها ورود التيار الهوائي مع خط مسار الصاروخ ، و تجدر الإشارة إلى أن مكان هذه النقطة يتواجد قرب الأجنحة نظرا لمساحتهم الكبيرة مقارنة مع قطر الصاروخ .

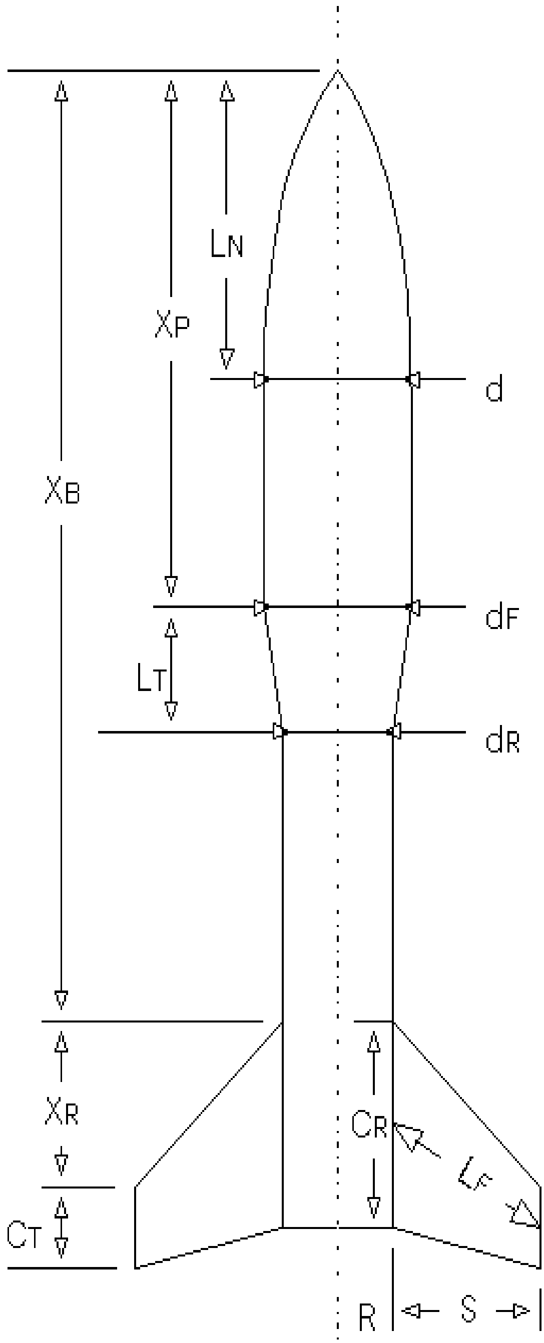
أثناء تصميم الصاروخ تجب مراعاة ان تكون نقطة مركز الضغط أسفل من نقطة مركز الثقل و الا فقد الصاروخ توازنه اثناء الطيران، و اقل مسافة فاصلة مسموح بها بينهما تكون مساوية لقطر الصاروخ وتسمى عادة بهامش الاستقرار(Stability Margin)

كما قلنا فان مركز الضغط يتغير صعودا او هبوطا مع زاوية الورود التي يشكلها هبوب الرياح أثناء طيران الصاروخ ،كما يتم تحديد مكان مركز الثقل و مركز الضغط باستعمال مجموعة من النماذج الرياضية و البرامج الحاسوبية ، و تبقى معادلات جيم بارومان(1)

" jim BARROWMAN " من أشهر الصيغ الرياضية التي يتم اعتمادها في هذا الباب و ان كانت لا تأخذ بعين الاعتبار زاوية الرياح الواردة التي تكون اكبر من الصفر.

خلال الصفحات التالية نستعرض مجموع هذه معادلات و كيفية تحويل أبعاد مختلف أجزاء الصاروخ إلى عوامل داخلها.

سنعتمد رسما تخطيطيا لصاروخ ونقوم بتعين اسم لكل جزء منه، مثل الأجنحة ،الهيكل ، الرأس المخروطي ، الخ...


LN
XP
XB
d
dF
LT
dR
XR
CR
LF
CT
R
S

Ln **:**طول المخروط الراسي.
d :قطر قاعدة المخروط الرأسي
df :قطر القاعدة الكبرى لماسورة التوصيل
dr : قطر القاعدة الصغر ى لماسورة التوصيل
Lt :طول ماسورة التوصيل
Xp : المسافة بين الراس المخروطي و ماسورة التوصيل
Cr : الضلع الاكبر للجناح
Ct :الضلع الاصغر للجناح
S :قاعدة الجناح
Lf : وتر نصف الجناح
R : نصف قطر الهيكل السفلي للصاروخ
Xr : مسافة الفرق بين الارتفاع الاكبر و الاصغر
Xb : المسافة بين الراس و الجناح
N :عدد الاجنحة.

3.4 صيغ المخروط

:(Cn)n =2
بالنسبة لراس مخروطي : Xn=0.666 Ln
راس بارابولي : Xn=0.466 Ln

4.4صيغ ماسورة التوصيل المخروطية:

معامل الضغط:

$$(C_N)_T = 2\left[\left(\frac{d_R}{d}\right)^2 - \left(\frac{d_F}{d}\right)^2\right]$$

مسافة مركز الضغط الخاصة بالمخروط:

$$X_T = X_P + \frac{L_T}{3}\left[1 + \frac{1 - \frac{d_F}{d_R}}{1 - \left(\frac{d_F}{d_R}\right)^2}\right]$$

5.4 صيغ الأجنحة:

معامل الضغط CN:
مسافة مركز الضغط الخاصة بالأجنحةXF:

$$(C_N)_F = \left[1+\frac{R}{S+R}\right]\left[\frac{4N\left(\frac{S}{d}\right)^2}{1+\sqrt{1+\left(\frac{2L_F}{C_R+C_T}\right)^2}}\right]$$

$$X_F = X_B + \frac{X_R}{3}\frac{(C_R+2C_T)}{(C_R+C_T)} + \frac{1}{6}\left[(C_R+C_T) - \frac{(C_R C_T)}{(C_R+C_T)}\right]$$

6.4 تحديد مركز الضغط:

يتم جمع المعاملات التي تم حسابها كما يلي:

$$(C_N)_R=(C_N)_N+(C_N)_T+(C_N)_F$$

ثم حساب مسافة مركز الضغط الكلي انطلاقا من الراس .

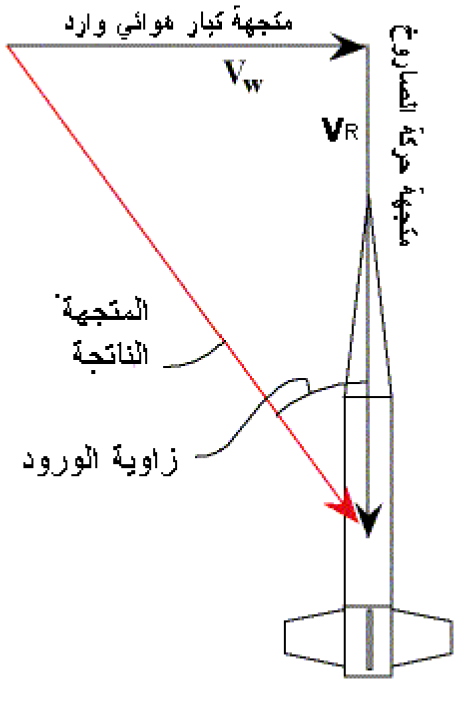
$$\bar{X} = \frac{(C_N)_N X_N + (C_N)_T X_T + (C_N)_F X_F}{(C_N)_R}$$

كما قلنا سابقا ان مركز الضغط يتغير وفق زاوية ورود التيار الهوائي على جسم الصاروخ اثناء طيرانه ، و زاوية الورود تكون من الصفر درجة الى 90 درجة ، كما تمت الاشارة اليه سابقا فان

هامش الاستقرار هو المسافة الفاصلة بين مركز الثقل و مركز الضغط عند زاوية ورود هوائي منعدمة ، انها المسافة التي يمكن لمركز الضغط ان ينتقل فيها الى الامام قبل ان يفقد الصاروخ توازنه بفعل زيادة زاوية الورود الهوائي ، و يمكن قياسه بمضاعفات قطر هيكل الصاروخ .

تختلف الصواريخ في ما بينها في الزاوية القصوية التي يرد بها التيار الهوائي و التي يستمر عندها كل صاروخ محا فضا على حالة الاستقرار قبل ان يفقد توازنه و قيمة هذه الزاوية تتحدد عندما يتطابق مركز الضغط مع مركز الكتلة ، و هامش الاستقرار يمكن تحديده بزاوية الورود قبل ان يفقد الصاروخ استقراره كما قلنا ، و يمكن تسميته هنا ب : "هامش الاستقرار الزاوي " " angular" stability margin .

وزاوية الورود كما اسلفنا هي الزاوية التي يشكلها التيار الهوائي مع محور الاتجاه الرأسي للصاروخ، فعندما يكون الجو هادئ، يعني ان سرعة الهواء تكون تقريبا منعدمة ،فان التيار الهوائي الوحيد الي يمارس تاثيره على جسم الصاروخ هو الهواء الناتج عن حركة الصاروخ نفسه و بالتالي تكون زاوية الورود هنا زاوية منعدمة لانها موازية لمحور حركة الصاروخ.



عندما تكون هناك رياح سريعة أو تيار هوائي سريع متعامد مع سرعة الصاروخ فان النتيجة تكون متجهة مركبة تنطلق من مؤخرة متجهة الهواء إلى مقدمة

متجهة سرعة الصاروخ على شكل مثلث قائم الزاوية عند رأس الصاروخ كما هو مبين في الشكل فوقه

.

يمكن حساب المتجهة الناتجة عن طريق استعمال قواعد الهندسة مثل مبرهنة فيثاغورس ، او استعمال الحساب المثلثي لتحديد زاوية الورود كما يلي: ضل تمام الزاوية يساوي خارج قسمة متجهة الهواء على متجهة حركة الصاروخ ، و صيغته الرياضية: $\tan (W_W/V_R)$

عندما يتعلق الأمر بإطلاق صاروخ في اتجاه عمودي فان حساب زاوية الورود يكون بسيطا، و ذلك عن طريق قسمة سرعة حركة الهواء على سرعة الصاروخ ، فمثلا اذا كانت سرعة الهواء تساوي سرعة الصاروخ فان الخارج القسمة يكون واحد و منه تكون الزاوية تساوى 45 درجة،

اذا كانت سرعة الصاروخ مضاعفة لسرعة الهواء فان خارج القسمة للأولى على الثانية يكون 0.5 ومنه تكون زاوية الورود هي26.6 درجة .

7.4 تاثير الرياح على استقرار الصاروخ .

اذا كانت زاوية ورود الرياح على الصاروخ اكبر من هامش الاستقرار الزاوي فان الصاروخ قد يفقد توازنه عند مغادرته لمنصة الإطلاق ، ماعدا اذا كان ذو عزم قصور دوراني و تسارع مثاليين فانه في هذه الحالة قد يبدى سرعة تجعله يستعيد توازنه قبل ان يتخذ مسارا افقيا و عزم القصور الدوراني يقصد بها ،عادة في فيزياء الحركة ، رد الفعل الذي تبديه الأجسام و هي في حالة دوران اذا ما تعرضت لتأثير خارجي قصد الحفاظ على سرعة الدوران و اتجاهه ، و في مجال الصواريخ فان عزم القصور هنا يكون طوليا .

الى هنا نكون قد انتهينا من فصول الكتاب بحمد الله والسلام عليكم ورحمة الله ...

للاتصال بالمؤلف :EM11873@gmail.com